



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**

**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del  
título de Ingeniero Forestal**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE TRES ESPECIES  
FORESTALES COMO ALTERNATIVA EN LA REHABILITACIÓN DE  
SUELOS DEGRADADOS, PARROQUIA AMBUQUÍ, PROVINCIA DE  
IMBABURA**

**AUTOR**

Edison Daniel Limaico Terán

**DIRECTORA**

Dra. Ingrid Marcela Martínez González

**IBARRA – ECUADOR**

2019

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

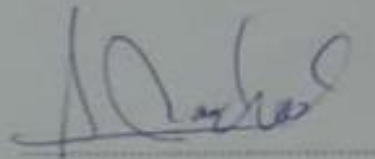
## EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE TRES ESPECIES FORESTALES COMO ALTERNATIVA EN LA REHABILITACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS, PARROQUIA AMBUQUÍ, PROVINCIA DE IMBABURA

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la presentación  
como requisito parcial para obtener el título de:

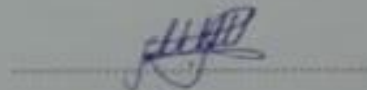
**INGENIERO FORESTAL**

### APROBADO

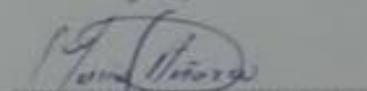
Dra. Ingrid Marcela Martínez González  
Directora de trabajo de titulación



Ing. Carlos Ramiro Arcos Unigarro, MSc.  
Tribunal de trabajo de titulación



Ing. Mario José Afanado Romero, PhD.  
Tribunal de trabajo de titulación



Ing. María Isabel Vízcalino Pantoja  
Tribunal de trabajo de titulación



Ibarra - Ecuador  
2019



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
<b>Cédula de identidad:</b>	100323989-2	
<b>Nombres y apellidos:</b>	Edison Daniel Limaico Terán	
<b>Dirección:</b>	San Antonio – (calles Camilo Pompeyo y Panamericana)	
<b>Email:</b>	<a href="mailto:edlimaicot@utn.edu.ec">edlimaicot@utn.edu.ec</a>	
<b>Teléfono fijo:</b>	2932560	0979925337

DATOS DE LA OBRA	
<b>Título:</b>	<b>EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE TRES ESPECIES FORESTALES COMO ALTERNATIVA EN LA REHABILITACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS, PARROQUIA AMBUQUÍ, PROVINCIA DE IMBABURA</b>
<b>Autor:</b>	Edison Daniel Limaico Terán
<b>Fecha:</b>	25 de abril del 2019
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
<b>Programa:</b>	Pregrado
<b>Título por el que opta:</b>	Ingeniero Forestal
<b>Directora:</b>	Dra. Ingrid Marcela Martínez González

## 2. CONSTANCIA

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de Abril de 2019.....

### EL AUTOR:

(Firma)

Nombre:

  
Edilberto Domínguez Tejón

#### 4. REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN

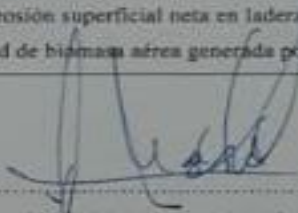
Fecha: 25 de abril del 2019

Edison Daniel Limaico Terán: **EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE TRES ESPECIES FORESTALES COMO ALTERNATIVA EN LA REHABILITACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS, PARROQUIA AMBUQUÍ, PROVINCIA DE IMBABURA** /Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 25 de abril del 2019. 82 páginas.

**DIRECTORA:** Dra. Ingrid Marcela Martínez González

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el aporte de biomasa inicial de tres especies forestales *Moringa oleífera* Lam., *Acacia melanoxylon* R. Brown y *Vachellia macracantha* Humb. & Bonpl. como alternativa en la rehabilitación de suelos degradados. Entre los objetivos específicos se encuentra: evaluar el crecimiento inicial de *Moringa oleífera* y *Acacia melanoxylon*, monitorear el incremento medio anual (IMA) de *Vachellia macracantha*, cuantificar la erosión superficial neta en laderas y cárcavas mediante clavos de erosión, determinar la cantidad de biomasa aérea generada por las tres especies forestales.

Fecha: 25 de abril del 2019

  
Dra. Ingrid Marcela Martínez González

Directora de trabajo de titulación

  
Edison Daniel Limaico Terán

Autor

## DEDICATORIA

*A mi Familia por todo el apoyo que me han brindado durante todo el proceso de estudio, en especial a mi Madre y Amanchi que son la principal influencia en mí para poder seguir adelante, de igual manera a todos mis Hermanos que nunca permitieron que me rindiera demostrándome su apoyo incondicional.*

## **AGRADECIMIENTO**

A todos amigos y personal docente quienes formaron parte de este proceso, de igual manera a la prestigiosa Universidad Técnica del Norte quien me dio la gran oportunidad de culminar mi carrera

Agradezco a mi Directora la Dra. Ingrid Marcela Martínez González por su gran apoyo en la realización de la presente investigación, de la misma manera a todo mi equipo Asesor: Ing. Carlos Arcos, Ing. Mario Añazco, PhD., Ing. María Vizcaíno, lo cual a más de su enseñanzas me han brindado su amistad sincera demostrándome que dentro del aprendizaje el valor como persona es mucho más valioso.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Págs.
<b>PORTADA</b>	
<b>APROBADO.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....</b>	<b>iii</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD¡Error! Marcador no de</b>	
<b>REGISTRO BIBIOGRÁFICO .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Objetivos.....	3
1.1.1   General .....	3
1.1.2   Específicos.....	3
1.2    Preguntasdirectrices .....	3
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>4</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1    Fundamentación legal.....	4
2.1.1   Plan Nacional de Desarrollo Todo una Vida 2017 – 2021 .....	4
2.1.2   Línea de investigación.....	4
2.2    Fundamentación teórica.....	5
2.2.1   Bosque seco tropical.....	5



2.2.2	Suelo .....	5
2.2.2.1	Degradación del suelo .....	6
2.2.2.2	Propiedades físicas .....	6
2.2.2.3	Propiedades químicas .....	7
1.2.3	Erosión.....	8
1.2.3.1	Clases y tipos de erosión.....	9
1.2.4	Conservación de suelos .....	12
2.2.4.1	Técnicas vegetativas .....	13
2.2.4.2	Topografía.....	13
2.2.5	Retenedores de agua.....	14
2.2.6	Descripción botánica de las especies forestales .....	15
2.2.6.1	Moringa.....	15
2.2.6.2	Acacia .....	17
2.2.6.3	Espino .....	19
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>22</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>		<b>22</b>
3.1	Ubicación del sitio.....	22
3.1.1	Política .....	23
3.1.2	Geográfica.....	23
3.1.3	Límites .....	23
3.2	Datos climáticos .....	23
3.3	Equipos, insumos, materiales y software.....	24
3.4	Metodología .....	24
3.4.1	Reconocimiento del sitio de estudio.....	24
3.4.2	Arboles forestales en técnica conservacionista.....	25
3.4.2.1	Árboles en curva a nivel .....	25
3.4.3	Estimador estadístico.....	32

<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>33</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>33</b>
4.1 Variables forestales de las especies implementadas .....	33
4.1.1 Sobrevivencia.....	33
4.1.2 Estado fitosanitario.....	34
4.1.3 Altura total .....	35
4.1.4 Diámetro basal (mm).....	37
4.2 Variables forestales de la especie monitoreada <i>Vachellia macracantha</i> .....	38
4.2.1 Sobrevivencia.....	38
4.2.2 Estado fitosanitario.....	38
4.2.3 Altura total .....	39
4.2.4 Diámetro basal (mm).....	40
4.2.5 Análisis de correlación de las tres especies forestales .....	41
4.3 Variables edáficas .....	41
4.3.1 Parcelas de clavos erosivos.....	41
4.3.2 Medidores de erosión en cárcavas.....	44
4.4 Aporte de biomasa total de las especies forestales.....	45
4.4.1 Biomasa área vs radicular .....	46
4.5 Análisis de suelo .....	47
4.5.1 Composición química del suelo .....	47
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>49</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>49</b>
5.1 Conclusiones .....	49
5.2 Recomendaciones.....	50
<b>CAPÍTULO VI .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>51</b>
<b>CAPÍTULO VII.....</b>	<b>59</b>

<b>ANEXOS.....</b>	<b>59</b>
7.1 Anexo 1.....	59
7.2 Anexo 2.....	67
7.3 Anexo 3.....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clases de erosión hídrica potencial .....	11
Tabla 2 Clasificación de pendientes.....	14
Tabla 3 Equipos, insumos, materiales y software utilizados en el ensayo .....	24
Tabla 4 Clasificación del estado fitosanitario de las especies forestales .....	29
Tabla 5 Análisis de coeficiente de correlación de las tres especies forestales .....	41
Tabla 6 Erosión neta de las redes de clavos erosivos de las laderas.....	41
Tabla 7 Erosión en clavos erosivos aplicados en las cárcavas .....	44
Tabla 8 Biomasa aérea vs radicular .....	46
Tabla 9 Interpretación de Resultados - Región Sierra (M O, N, P, K) .....	47
Tabla 10 Interpretación de Resultados – Región Costa y Sierra (pH).....	47
Tabla 11 Resultados del análisis físico-químicas de las muestras de suelos .....	47
Tabla 12 Supervivencia de las tres especies forestales .....	59
Tabla 13 Supervivencia de las tres especies forestales en cada curva a nivel.....	59
Tabla 14 Análisis del estado fitosanitario de las especies forestales .....	60
Tabla 15 Análisis de altura total de las especies forestales .....	60
Tabla 16 Datos de altura total y de cada curva a nivel de las tres especies forestales.....	61
Tabla 17 Análisis de diámetro basal de las especies forestales.....	62
Tabla 18 Análisis de red de clavos erosivos de laderas y testigo a los 0, 120 y 240 días...62	
Tabla 19 Análisis de red de clavos erosivos de laderas con especies forestales interpretado de forma horizontal de los días 0, 120 y 240.....	64
Tabla 20 Biomasa inicial, final y aporte .....	65
Tabla 21 Registro mensual pluviométrico de los años 2014, 2015, 2016, 2017, de la estación: Ambuquí (M0314).....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i>	Mapa de ubicación del área de estudio .....	22
<i>Figura 2.</i>	Dimensionado de red de clavos erosivos .....	26
<i>Figura 3.</i>	Ubicación de red de clavos erosivos en el las laderas .....	27
<i>Figura 4.</i>	Ubicación y distribución de clavos erosivos en las cárcavas.....	27
<i>Figura 5.</i>	Sobrevivencia de las especies forestales implementadas .....	33
<i>Figura 6.</i>	Estado fitosanitario de las especies forestales implementadas .....	35
<i>Figura 7.</i>	Altura total de las especies forestales implementadas.....	36
<i>Figura 8.</i>	Diámetro Basal de las especies forestales implementadas .....	37
<i>Figura 9.</i>	Sobrevivencia de la especie forestal monitoreada.....	38
<i>Figura 10.</i>	Estado fitosanitario de la especie forestal monitoreada.....	39
<i>Figura 11.</i>	Altura total de la especie forestal monitoreada .....	39
<i>Figura 12.</i>	Diámetro basal de la especie forestal monitoreada .....	40
<i>Figura 13.</i>	Erosión de laderas con especies forestales (tn/ha/año).....	43
<i>Figura 14.</i>	Registro mensual de precipitación .....	43
<i>Figura 15.</i>	Erosión de cárcavas (tn/ha/año) .....	44
<i>Figura 16.</i>	Incremento de biomasa Moringa, Alta (A), Media (M), Baja (B). .....	45
<i>Figura 17.</i>	Incremento de biomasa Acacia negra.....	45
<i>Figura 18.</i>	Incremento de biomasa Espino. ....	46
<i>Figura 19:</i>	Reconocimiento del área de estudio.....	78
<i>Figura 20:</i>	Trazado, marcado y hoyado.....	78
<i>Figura 21:</i>	Colocación de aserrín, hidrogel, tierra del lugar y aserrín .....	79
<i>Figura 22:</i>	Colocación de estacas referenciales .....	79
<i>Figura 23:</i>	Toma de mediciones de las especies forestales y de los clavos erosivos.....	80
<i>Figura 24:</i>	Riego a las especies forestales.....	80
<i>Figura 25:</i>	Floración y fructificación de la especie Moringa oleifera.....	81
<i>Figura 26:</i>	Proceso para el análisis de aporte de biomasa .....	81
<i>Figura 27:</i>	Recolección de muestras de suelo para sus análisis.....	82
<i>Figura 28:</i>	Equipo de trabajo para le realización de la investigación .....	82

**TITULO: EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE TRES ESPECIES FORESTALES COMO ALTERNATIVA EN LA REHABILITACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS, PARROQUIA AMBUQUÍ, PROVINCIA DE IMBABURA**

**Autor:** Edison Daniel Limaico Terán

**Directora de trabajo de titulación:** Dra. Ingrid Marcela Martínez González

**Año:** 2019

**RESUMEN**

El presente estudio de investigación se realizó en el relleno sanitario San Alfonso, parroquia Ambuquí a 35 km de la cabecera cantonal Ibarra provincia de Imbabura, Ecuador; cuenta con una extensión de 0,6 ha. a 1880 m.s.n.m. Tuvo como objetivo evaluar el aporte inicial de tres especies forestales *Moringa oleífera* Lam., *Acacia melanoxylon* R. Brown y *Vachellia macracantha* Humb, & Bonpl, mediante la técnica conservacionista de curvas a nivel. Las especies forestales se plantaron en tres laderas y se comparó con una ladera testigo sin curvas a nivel y sin especie forestal. Luego de 270 días se evaluó la sobrevivencia, destacándose *Vachellia macracantha* con 73,07 % en tanto que *Moringa oleífera*, con 64,81 % y la de menor sobrevivencia fue *Acacia melanoxylon* con 42,58 %. Se cuantificó la erosión neta con la metodología clavos de erosión, en cuatro laderas contiguas, presenta pendientes de 35% a 42 %, donde se instaló clavos de erosión de 30 cm de longitud previamente graduadas, a una profundidad de 15 cm, cada ladera cuenta con tres redes de 40 clavos, se consideró una distancia mínima de tres metros entre cada red. En el caso de las cárcavas los clavos de erosión se instalaron en la parte alta, media y baja, de las laderas; los clavos fueron ubicados uno en los extremos superiores y uno en el centro de la cárcava. La erosión neta registrada en las laderas y cárcavas, presento valores promedios de 74,8 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y 135,4 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> respectivamente. Se concluyó que con la implementación de las especies forestales principalmente con la de mayor edad hay una reducción de erosión e incremento de materia orgánica.

*Palabras clave:* degradación, técnica conservacionista, erosión neta, curvas a nivel, clavos de erosión.

**TITLE: EVALUATION OF THE BEHAVIOR OF THREE FOREST SPECIES AS AN  
ALTERNATIVE IN THE REHABILITATION OF DEGRADED SOILS,  
PARISH AMBUQUÍ, PROVINCE OF IMBABURA**

**Author:** Edison Daniel Limaico Terán

**Director of thesis:** Dr. Ingrid Marcela Martínez González

**Year:** 2019

**ABSTRACT**

This research study was carried out in the San Alfonso sanitary landfill, in Ambuquí parish, located 35 km from Ibarra canton, in the province of Imbabura, in Ecuador; it has an extension of 0.6 ha. At 1880 m.a.s.l. Its objective was to evaluate the initial biomass contribution of three forest species: *Moringa oleifera* Lam., *Acacia melanoxylon* R. Brown and *Vachellia macracantha* Humb, & Bonpl. The forest species were planted on three hillsides and compared with a control slope without level curves or vegetation. After 270 days the species survival was measured then evaluated, with *Vachellia macracantha* standing out with 73.07% while *Moringa oleifera*, with 64.81% and the one with the lowest survival was *Acacia melanoxylon* with 42.58%. The net erosion was quantified with the methodology of erosion nails, in four contiguous slopes, with an inclination of 35% to 42%, where erosion nails of 30 cm of length previously graduated were installed, to a depth of 15 cm, each hillside had three networks composed of 40 nails each, a distance of three meters between each network was considered. In the case of the gullies, the erosion nails were installed in the upper, middle and lower part of the slopes; the nails were located one in the upper end and one in the centre of the gully. The net erosion registered in the slopes and gullies, presented average values of 74.8 tons ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> and 135.4 tons ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> respectively. It was determined that with the implementation of mainly old forest species there is a reduction of erosion and an increase of organic matter.

*Key words:* degradation, conservationist technique, net erosion, level curves, erosion nails.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

La degradación de los suelos es un problema que afecta a distintas regiones a nivel mundial; se ha evaluado los niveles de tierra seca del planeta, obteniendo como resultado 54 millones de km<sup>2</sup>; es decir, el 40 % de la superficie terrestre, mientras que América presenta el 24 % del total de tierra seca (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2006).

Ecuador, al igual que la mayoría de otros países en desarrollo también se ha visto afectado por el problema de la degradación de suelos, se estima que alrededor del 47 % del territorio presenta este problema por procesos de erosión antrópica y erosión geológica o natural de evolución muy lenta (Morales *et. al*, 2010), en primer lugar está la Sierra, donde se encuentran procesos de erosión geológica la responsable del modelado de las cordilleras de los Andes y sus efectos se retribuyen en el suelo, en vista que se desarrolla con suficiente lentitud como para que sus consecuencias sean contrarrestadas por la velocidad de formación de suelo (Suquilanda, 2008).

Los factores climáticos de alta temperatura, fuertes vientos, intensidad de precipitación y la irregularidad topográfica del terreno, que se presenta en la provincia de Imbabura, particularmente en la parroquia Ambuquí, es lo que provocan los procesos erosivos, ocasionado por el desprendimiento de las partículas del suelo que son arrastradas pendiente abajo por la acción de la escorrentía superficial. Esta zona se caracteriza por una baja precipitación anual, pero con intensos eventos de lluvia, razón por la cual, la escasez de agua limita el crecimiento inicial de varias especies, lo que debilita uno de los mecanismos de protección del suelo y a su vez crea una mayor tasa de erosión; es decir que ocasiona un desequilibrio hombre-ambiente, así como la pérdida de ingresos económicos, abandono de tierras, cultivos, deterioro del patrimonio paisajístico y emigración de la población, lo que permite la disminución de los bienes y servicios ambientales que ofrecen los ecosistemas, que son de gran importancia para el bienestar del ser humano (López y Romero, 1998).

En este contexto y considerando los procesos de erosión hídrica y eólica que afectan a la parroquia Ambuquí, se realizó la presente investigación cuya objetivo fue evaluar el aporte inicial de tres especies forestales *Moringa oleífera* Lam., *Acacia melanoxylon* R. Brown y

*Vachellia macracantha* Humb, & Bonpl, con alternativa en la rehabilitación de los suelos degradados, mediante el uso de la técnica conservacionista curvas a nivel. La selección de estas especies se justifica por las siguientes razones: sus características de ser mejoradoras del suelo, fijadoras de nitrógeno, aportan biomasa al suelo y regeneran sedimentos, son forrajeras con alto contenido en proteínas, vitaminas, minerales, con palatabilidad para personas y animales. Estos resultados pretenden dar una nueva alternativa en los planes de rehabilitación de suelos degradados, permitiendo mejorar la calidad de vida y economía para los pobladores del sector.



## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 General

Evaluar el aporte inicial de tres especies forestales *Moringa oleífera* Lam. (moringa), *Acacia melanoxylon* R. Brown (acacia negra) y *Vachellia macracantha* Humb, & Bonpl (espino), como alternativa en la rehabilitación de suelos degradados.

### 1.1.2 Específicos

- Evaluar el crecimiento inicial de *Moringa oleífera* y *Acacia melanoxylon*.
- Monitorear el incremento medio anual (IMA) de *Vachellia macracantha*.
- Cuantificar la erosión superficial neta en laderas y cárcavas mediante clavos de erosión.
- Determinar la cantidad de biomasa total generada por las tres especies forestales.

## 1.2 Preguntas directrices

- 
- ¿Cuál es el crecimiento de *Moringa oleífera* y *Acacia melanoxylon*?
- ¿Cuál es el incremento medio anual de *Vachellia macracantha*?
- ¿Cuál es la erosión superficial neta en laderas y cárcavas?
- ¿Cuál será el aporte de biomasa total de cada una de las especies forestales?

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Fundamentación legal**

##### **2.1.1 Plan Nacional de Desarrollo Todo una Vida 2017 – 2021**

El presente estudio se enmarca en el objetivo, políticas y lineamientos estratégicos siguientes:

**Objetivo 3:** Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones

- **3.1.** Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2017, pág. 57).
- **3.3.** Promover buenas prácticas ambientales que aporten a la reducción de la contaminación, a la conservación, a la mitigación y a la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2017, pág. 57).
- **3.4.** Impulsar la economía urbana y rural, basada en el uso sostenible y agregador de valor de recursos renovables y la bio-economía, propiciando la corresponsabilidad social. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2017, pág. 57).

##### **2.1.2 Línea de investigación**

El presente estudio se enmarca en la línea de investigación de la carrera: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.

## **2.2 Fundamentación teórica**

### **2.2.1 Bosque seco tropical**

Uno de los ecosistemas importantes son los bosques secos, que se hallan en el centro y sur de la región occidental de los Andes, en las provincias de Imbabura, Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro y Loja (Aguirre, 2012). Cerca del 35 % (28.000 km<sup>2</sup>) del Ecuador occidental estaba cubierto por bosque seco. Se aprecia que el 50 % habría desaparecido (Sierra, 1999).

La mayoría de las especies arbóreas en los bosques secos son caducifolios, son ecosistemas muy frágiles que aguantan fuertes presiones antrópicas (Aguirre y Kvist, 2005).

El bosque seco es calificado en la actualidad como uno de los ecosistemas más amenazados en el trópico (Janzen, 1988). Además es un territorio conocido por su alto nivel de endemismo de especies de flora (Madsen, 2001); la vegetación en regiones áridas y semiáridas tiene una función decisiva en la generación, protección, conservación del suelo, permitiéndole la fijación y el descenso de la evaporación de la superficie del suelo, el aumento de contenido orgánica etc. (Belmonte, Romero, López, y Hernan, 1999).

### **2.2.2 Suelo**

El suelo es un cuerpo natural conformado por sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurre en la superficie, ocupa un espacio y se caracteriza porque tiene horizontes o capas que se diferencian de distintos tipos de material como secuela de las adiciones, pérdidas, translocaciones y alteraciones de energía y materia o porque es apto de aguantar plantas arraigadas en un ambiente natural (Soil Survey Staff [SSS], 1999, pág. 869). Además, el suelo tiene un papel ambiental de suma importancia, que puede considerarse como un reactor biofísico químico en donde se degrada material de desecho que es reciclado dentro de él (Hillel, 1998).

### ***2.2.2.1 Degradación del suelo***

Es un cambio en la salud del suelo resultando en una pérdida de la capacidad del ecosistema para producir bienes. Además De la Rosa, (2008) menciona que se conoce como degradación de suelo a la pérdida de productividad económica o biológica y de complejidad de los ecosistemas, debido a procesos degradativos muy diversos y como consecuencia del uso y manejo inadecuado. Esto ha ocasionado importantes daños ambientales teniendo como consecuencia a los principales factores degradativos; explotación agrícola, erosión (hídrica y eólica), pérdida de materia orgánica, biodiversidad, nutrientes y propiedades físicas del suelo,

### ***2.2.2.2 Propiedades físicas***

Las propiedades físicas, reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las restricciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros (Bautista y Castillo, 2004).

#### ***a) Estructura***

La estructura y la porosidad del suelo elaboran influencia sobre el abastecimiento de agua y de aire a las raíces, sobre la reserva de los nutrimentos, la penetración y desarrollo de las raíces y la mejora de la microfauna del suelo. Una buena estructura es calidad de espacios, continuidad y estabilidad de los poros, buena distribución de su medida, incluyendo macro y micro poros (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA], 1999).

#### ***b) Textura***

La textura hace referencia a la proporción relativa de las clases de tamaño y forma de partículas como arena, limo y arcilla. La textura también es una propiedad muy importante ya que influye en la permeabilidad, aireación y la capacidad de almacenamiento de agua y

contenido de nutrientes (USDA, 1992); además la textura tiende a influir directamente con la erosión hídrica y eólica, por el desprendimiento de las partículas ocasionando el deslizamiento del suelo.

### ***2.2.2.3 Propiedades químicas***

Las propiedades químicas son de suma importancia que se refieren a entornos que afectan las relaciones suelo – planta, la **capacidad amortiguadora** del suelo, la reserva de agua y nutrimentos para las plantas y microorganismos (Bautista y Castillo, 2004).

#### *a) Materia orgánica*

La materia orgánica se refiere a todo el material de origen animal o vegetal que este descompuesto, parcialmente descompuesto y sin descomposición. Generalmente es sinónimo con el humus aunque este término es más usado cuando nos referimos a la materia orgánica bien descompuesta llamada sustancias húmicas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2009).

El uso y aplicación de materia orgánica en la agricultura es antigua, sin embargo paulatinamente fue experimentando una rebaja considerable, a raíz de la introducción de los fertilizantes químicos que originaban mayor cosecha a menor costo. Sin embargo los últimos años se ha observado un creciente interés sobre el uso de abono orgánico en las cosechas en vista que ha generado la demanda de alimentos frescos y sanos para el consumo humano, los productores de compost han reconocido el negocio potencial en la producción de compost para agricultura (Toffey, 1998).

#### *b) Nutrientes*

La disponibilidad de los nutrientes es esencial para el crecimiento de los cultivos, dichos nutrientes se obtiene a través de la descomposición y transformación de la materia orgánica.

El contenido de nutrimentos del suelo depende del material y el proceso de formación del suelo, el contenido del material original, la fuerza de la lixiviación y erosión, la absorción de los nutrimentos por parte de los cultivos (Perreño, 2007).

### *c) pH*

El pH determina el grado de absorción de iones ( $H^+$ ) de las partículas del suelo e indica si un suelo es ácido o alcalino. Es un importante indicador de la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Influye en la solubilidad, movilidad y disponibilidad de otros constituyentes y contaminantes inorgánicos presentes en el suelo (Suquilanda, 2018).

Valores de pH entre 6.0 y 7.5 son óptimos para el desarrollo de la mayoría de las especies, debido que la mayor parte de nutrientes se encuentra disponible en este rango de pH (Ibid, 1999); mientras que Valencia y Carrillo, (1983) mencionan que para evaluar esta medida, hay que tener en cuenta el cultivo que se piensa plantar en el suelo que se estudia, pues cada planta tiene un valor de pH óptimo y un rango de tolerancia para su desarrollo.

El pH del lugar de estudio presenta suelos alcalinos, que son aquellas sustancias que al reaccionar con el agua producen iones hidroxilo; en este sentido, los cationes alcalinos del suelo están constituidos por las bases, es decir, por los cationes  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  y  $Na^+$ . Las condiciones climáticas en las cuales la evapotranspiración potencial sea mayor que la precipitación genera déficit de agua en el suelo y, por lo tanto, no hay lavado de bases y/o sales, sino que éstas se acumulan en aquel. Esto hace que los suelos básicos sean más comunes en regiones áridas y semiáridas (Jaramillo, 2002).

### **1.2.3 Erosión**

La erosión del suelo consiste en la remoción, arranque y transporte de los materiales que constituyen la capa más superficial del suelo, sea cual sea el agente responsable: agua, viento, hielo, actuaciones humanas, etc. (De Alba, Torralba, Cermeño, y Barbero, 2011). En la actual investigación se puede evidenciar los principales factores de erosión, que son; agua y viento, lo cual incide directamente sobre la degradación del suelo.

En la descripción de la erosión del suelo, se debe dar más énfasis a la erosión antrópica o la inducida por el hombre. No siempre es fácil diferenciar entre la erosión natural y la antrópica ya que están a menudo muy relacionadas. La erosión inducida por el hombre es el resultado de un uso inapropiado y manejo pobre, como las prácticas agrícolas inapropiadas, sobrepastoreo y extracción o sobreexplotación de la vegetación natural (FAO, 2009).

Se estima que en el Ecuador las pérdidas de suelo varían entre 30 y 50  $\text{tn ha}^{-1} \text{año}^{-1}$  en áreas de estribaciones con pendientes superiores a 25 %. En zonas con pendientes que varían entre 12 y 25 %, la erosión está comprendida entre 10 y 30  $\text{ton ha}^{-1} \text{año}^{-1}$  y en suelos con pendientes menores al 12 % la erosión se sitúa entre  $< 5$  y 10  $\text{ton ha}^{-1} \text{año}^{-1}$  (Suquilanda, 2008).

### ***1.2.3.1 Clases y tipos de erosión***

Existe dos clases de erosión; la erosión geológica que es ocasionada por la acción de fenómenos del intemperismo natural y la erosión antrópica producida por la intervención del hombre (Torres, 1981). De acuerdo con el mismo autor, existen dos tipos importantes de erosión que son: hídrica y eólica.

#### ***a) Erosión hídrica***

Los efectos del agente causal en este caso el agua de lluvia se intensifican, cuando se relacionan con otras variables como: pendientes pronunciadas, la ausencia de cobertura vegetal y la condición estructural y de textura del suelo (Núñez, 2001; Salinas, 2006).

Estudios demuestran la gran importancia de la vegetación como agente biológico protector del suelo, Las tasas de escorrentía y erosión disminuyen en relación inversa a la cobertura, debido a que la vegetación y el mantillo disipan la energía cinética de las gotas de lluvia, retardan la velocidad del escurrimiento y aumentan la permeabilidad del suelo (Blackburn, 1986; Ruan, 2001). Además De Alba *et al.*, (1998) mencionan que en su estudio realizado evidenciaron un episodio extremo de tormenta con una precipitación de 90 mm que apenas duro 45 min, registrando una pérdida de suelo comprendidas entre 5 y 56  $\text{m}^3$  en las distintas

parcelas, para el conjunto de parcelas la tasa media de pérdida de suelo resulto ser muy significativa e igual a  $352.1 \text{ ton ha}^{-1}$ .

Los suelos sobre los cuales se desarrollan los bosques secos son arcillosos, que en la temporada lluviosa forman lodazales y en la temporada seca se manifiestan con grandes grietas. Ocasionalmente pueden desarrollarse en suelos pedregosos y arenosos (Herbario Loja, UNISIG, CINFA, 2001).

La erosión hídrica también se puede mostrar en forma laminar en surcos y cárcavas. La erosión laminar es menos perceptible y a veces más perjudicial, al lavar el suelo más fértil y los fertilizantes que se aplican en el cultivo (FAO, 1967).

#### *b) Erosión hídrica Potencial*

FAO-UNESCO, (1975) Menciona que el término erosión hídrica potencial se hace referencia a la susceptibilidad que tiene una zona o región a erosionarse por influencia del agua y por sus características físicas de clima, suelo y relieve. Se sabe que la erosión inducida por el hombre es función de factores físicos y humanos que pueden expresarse de la siguiente manera:  $E = f(C, S, R, V, H)$

Donde:

E: erosión.

C: agresividad climática.

S: susceptibilidad del suelo.

R: relieve.

V: cobertura vegetal.

H: acción antrópica.

Cuando quiere considerarse la Erosión Potencial de una zona, deben excluirse de la expresión los términos que hacen referencia a la acción directa o indirecta del hombre (H y V) Entonces queda:

$$EP = f(C, S, R)$$



EP = Erosión Potencial.

Esta expresión se refiere a la erosión que existiría en un determinado lugar, sin acción del hombre y sin la cubierta vegetal protectora, estas características se presentan en el lugar de estudio actual, por lo cual se evaluara 5 clases de erosión hídrica potencial

Tabla 1

*Clases de erosión hídrica potencial*

CLASES	Riesgos de Erosión	Pérdida de suelo (ton ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
A	Erosión nula a ligera	0 – 30
B	Erosión baja	31 – 60
C	Erosión moderada	61 – 120
D	Erosión alta	121 – 360
E	Erosión muy alta	> 360

**Fuente:** FAO-UNESCO, (1975)

### *c) Erosión eólica*

Los suelos de ecosistemas áridos y semiáridos son propensos a sufrir erosión eólica debido a su limitado desarrollo pedogenético, las condiciones climáticas secas y ventosas de los ambientes en los cuales evolucionan y manejos frecuentemente degradantes (Peterson, Unger y Payne, 2006).

Es el transcurso de remoción del suelo por la acción del viento. El viento, además de despojar a las tierras de la capa arable, causa otros perjuicios, sepultando campos, edificios, maquinaria y cercados. En el peor de los casos, una hectárea de terreno puede perder hasta 150 toneladas de suelo en una hora lo que equivale a una capa de más de 1cm (FAO, 1984 citado por Valarezo, 2002), teniendo en cuenta que para la formación de apenas 5 cm de suelo se puede necesitar el transcurso de cientos e incluso miles de años (De Alva *et al.*, 2003).

#### *d) Erosión geológica*

Se considera como una erosión natural, producida por las fuerzas de la naturaleza, se define como el desgaste de las rocas y sedimentos provenientes de materiales rocosos, causada por factores como la energía de la radiación solar, las tensiones gravitacionales, que contribuyen a fracturar las masas rocosas (Núñez, 2001).

#### *e) Erosión neta*

Existen procesos de erosión y sedimentación (S), entonces es posible establecer un nuevo concepto, llamado erosión neta (En), que se entiende como la diferencia entre los dos procesos. Si el valor de erosión es positivo, entonces se advierte que hubo un predominio de la erosión sobre la sedimentación; y si es negativo, es la sedimentación la que prevaleció sobre la erosión (Pizarro y Cutiño, 2002).

### **1.2.4 Conservación de suelos**

Contribuyen a conservar las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, para mantener su capacidad productiva. Mediante técnicas de conservación de suelos que reduce el arrastre y pérdida del mismo por acción de la lluvia y el viento, se mantiene o se aumenta su fertilidad y con esto, se mejoran las ganancias de los cultivos (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola; FHIA, 2011).

#### **2.2.4.1 Técnicas vegetativas**

##### ***a) Árboles en curva a nivel***

Las curvas a nivel se trazan en forma transversal a la pendiente del terreno, de forma que se contrarreste el arrastre de partículas de suelo a causa de la lluvia y el viento. Para el trazado de las curvas a nivel se utilizan equipos especializados como: teodolitos, caballetes con nivel, etc, pero también se puede construir un instrumento casero, como es el nivel en “A”, instrumento muy utilizado para obras de forestación y reforestación en lugares con pendientes fuertes (Riquelme y Carrasco, 2003).

##### ***b) Barreras vivas***

Las barreras vivas son hileras de plantas perennes (árboles o arbustos) establecidas en laderas, en curvas de nivel; con el fin reducir el escurrimiento superficial causado por la lluvia y retener los materiales transportados por ella. También protegen al suelo de la erosión eólica, pues hacen que disminuya la velocidad del viento. Además son útiles para estabilizar las cárcavas reduciendo la pendiente, ya que se van creando pequeñas terrazas. Para la selección de las plantas en el control de la erosión, se hace indispensable observar las formaciones naturales del sitio ya que con las mismas especies existentes se logrará una mayor adaptación al clima y suelo del lugar (Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas en América Central., PASOLAC, 1999).

#### **2.2.4.2 Topografía**

La topografía se caracteriza por los ángulos de las pendientes y por la longitud y forma de las mismas. La topografía es un importante factor para determinar la erosión del suelo, las prácticas de control de la erosión y las posibilidades de labranza mecanizada del suelo, y tiene una influencia primaria sobre la aptitud agrícola de la tierra (FAO, 2009).

Tabla 2  
*Clasificación de pendientes*

Clases	Descripción	%
1	Plano	0-0,2
2	Nivel	0,2-0,5
3	cercano a nivel	0,5-1,0
4	Muy ligeramente inclinado	1,0-2,0
5	Ligeramente inclinado	2-5
6	Inclinado	5-10
7	Fuertemente inclinado	10-15
8	Moderadamente escarpado	15-30
9	Escarpado	30-60
10	Muy escarpado	>60

Fuente: FAO, (2009)

### 2.2.5 Retenedores de agua

Los retenedores de agua originarios de Alemania, Francia y Estados Unidos de donde se desarrolló la tecnología. De hecho, han sido objeto de múltiples investigaciones demostrando su eficiencia al conservar vivas las plantas cuando carecen de agua, ya que absorben y retiene grandes cantidades de líquido y nutrientes cuando se aplican en el suelo o en cualquier otro medio de crecimiento (Trujillo, 2003). Este tiene la capacidad de absorber en promedio 350 veces su peso en agua, convirtiéndose en un gel que mantiene su efectividad en el suelo por largos periodos de tiempos, entre cuatro y siete años. Los retenedores presentan las siguientes ventajas:

- Permite un mejor crecimiento de la planta en regiones de escasas lluvias.
- Permite el cultivo de la tierra bajo condiciones extremas de clima y suelo.
- Provee a las plantas de un suplemento regular de humedad.
- Reduce los ciclos de irrigación y las cantidades de agua utilizada.
- Mejora la ventilación de aquellos suelos compactos, dado que al hidratarse mejora la circulación de aire.

## 2.2.6 Descripción botánica de las especies forestales

### 2.2.6.1. *Moringa*

#### a) Descripción taxonómica

Nombre Científico: *Moringa oleífera* Lam.

Nombre común: Moringa, árbol de la vida, (Ecuador).

Reino: Plantae

Orden: Brassicales

Familia: Moringaceae

Género: *Moringa*

Especie: *Moringa oleífera* Lam.

#### b) Descripción botánica

Caracterización y descripción de Moringa (Folkard y Sutherland, 1996; Alfaro y Martínez, 2008; COOPI, 2011)

Hojas son compuestas de unos 20 cm de largo con hojuelas delgadas oblongas u ovaladas de 1 a 2 cm. de largo de color verde claro.

Flores son bisexuales, con pétalos de color crema y estambres amarillos, muy numerosas y fragantes. En algunas regiones florece una sola vez al año, pero puede florecer dos veces al año; tal es el caso de los países del Caribe, como Cuba. Generalmente en el Chaco Central florece una vez por año. Las flores son polinizadas por abejas, otros insectos y algunas aves.

Frutos en cápsulas trilobuladas, dehiscentes, de 20 a 40 cm de longitud. Contienen de 12 a 25 semillas por fruto. Las semillas son de forma redonda y color castaño oscuro, con tres alas blanquecinas. Cada árbol puede producir de 15 000 a 25 000 semillas por año. Las vainas maduras permanecen en el árbol por varios meses antes de partirse y de liberar las semillas, las cuales son dispersadas por el viento, agua y probablemente animales.

Semillas son carnosas cubiertas por una cáscara fina de color café. Poseen tres alas o semillas aladas de 2,5 a 3 mm de largo. Al quitar la cáscara se obtiene el endospermo que es blanquecino y muy oleaginoso. Cuando se almacenan las semillas por más de dos meses disminuye su poder germinativo.

Según Medina (2007), entre las características de la moringa como cultivo destaca su gran velocidad de crecimiento, su facilidad de propagación, su capacidad de aceptar grandes podas y su gran rusticidad.

Se trata de un árbol perenne pero poco longevo, que a lo sumo puede vivir 20 años, aunque se han obtenido variedades en la India que son anuales y permiten el cultivo mecanizado. Alcanza de 7-12 m de altura y de 20-40 cm de diámetro, con una copa abierta tipo paraguas y fusto recto, la corteza es blanquecina. Aporta una elevada cantidad de nutrientes al suelo, además de protegerlo de factores externos como la erosión, la desecación y las altas temperaturas.

#### *c) Hábitat y ecología*

La Moringa es un árbol procedente del norte de la India que se encuentra ampliamente distribuido en las regiones tropicales y subtropicales de África, Asia y América Latina. Se presenta como un vector significativo en la lucha contra la desnutrición y la pobreza, con aplicaciones en nutrición, tratamiento de agua, higiene y generación de ingresos (Navarro, 2015).

#### *d) Distribución ecológica*

Se localiza desde el nivel del mar hasta 1.800 msnm. Es una especie adaptada a una gran variedad de suelos. Cuando la planta encuentra condiciones óptimas de humedad y nutrientes puede crecer hasta más de tres metros en nueve meses. En sentido general, se puede decir que es una especie de gran plasticidad ecológica, ya que se encuentra localizada en diferentes condiciones de suelo, precipitación y temperatura (Cooperación Internacional, COOPI, 2011).

#### *e) Propagación y forma de cultivo*

Alfaro y Martínez (2008), mencionan que actualmente se han identificado dos métodos de propagación: vegetativa por estacas y por semillas su germinación es epigea.

#### *f) Usos*

Tiene gran importancia en la alimentación, ya que tiene todos los aminoácidos, vitaminas y minerales valiosos incluso en mayor cantidad que los alimentos típicamente considerados como tales y otras propiedades nutritivas (Gonzáles, 2009).

La semilla tiene un 40% de aceite, su ácido graso del aceite indica un 73% de ácido oleico. Esto significa que tiene un alto nivel de calidad que el aceite de oliva, por lo tanto podría tener el mismo valor de mercado (Folkard y Sutherland, 1996).

Las hojas de Moringa constituyen uno de los forrajes más completos. Muy ricas en proteína, vitaminas y minerales y con palatabilidad excelente, las hojas son ávidamente consumidas por todo tipo de animales: rumiantes, camellos, cerdos, aves, incluso carpas, tilapias y otros peces herbívoros; su follaje es muy útil en la producción de biomasa y regeneración de sedimentos (Agrodesiertos, 2006).

### **2.2.6.2 Acacia**

#### *a) Descripción taxonómica*

Nombre Científico: *Acacia melanoxylon* R. Br.

Nombre común: acacia negra, Acacia japonesa (Ecuador).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Acacia*

Especie: *melanoxylon*

Actualmente India y Australia son los países con mayor superficie cubierta por Aromo. En Australia crece en: Queensland, New South Wales, Victoria, South Australia, Islas de Tasmania y Estrecho de Bass, se distribuye formando una faja de 100 a 200 km. de ancho, bordeando la costa desde el sudeste de Queensland hasta el oeste de Victoria. En el sur crece desde el nivel del mar hasta los 1350-1500 m.s.n.m. en el norte de New South Wales (Infor-Conaf, 1998).

Schlegel (1994), ha mencionado que la especie tiene un sistema radicular que se adapta a varias condiciones de profundidad, no siendo extraño que las raíces se presenten en forma superficial y abierta en suelos delgados o con restricciones de drenaje.

#### *b) Descripción botánica*

Según Padilla y Asanza (2002) la especie se caracteriza por ser un árbol siempre verde de entre 8 a 15 (hasta 45) m de alto, fuste recto, copa densa y piramidal a cilíndrica, a veces con pocas ramas muy pesadas.

Hojas: Son bipinadas en las plantas o ramas jóvenes, las plantas adultas en cambio, reemplazan las hojas por folíolos de 7 a 10 cm de largo, son grisáceos a verde negruzcos, rectos a suavemente curvos, con 3 a 7 vainas prominentes y longitudinales y finas venas.

Flores: Amarilla pálidas, cabeza globulares, florece en Marzo-Mayo, legumbre de 4 a 12cm de longitud, plana, curvada, algo comprimida entre las semillas, de color pardo rojizo.

Frutos: Vainas parda rojizas, más angostas que los folíolos, retorcidas.

Semilla: Chatas redondeadas negras de 2 a 3 mm de longitud, tiene un sistema radicular extenso, denso, con raíces fuertes superficiales.



### *c) Hábitat y ecología*

En Australia es lo encontramos creciendo en suelos arcillosos y densos con un horizonte orgánico bastante grueso o en terrenos bajos, y pantanosos con saturación de agua gran parte del año (Schlegel, 1994).

### *d) Distribución ecológica*

Se ha introducido como especie ornamental en parques, jardines y propiedades, como especie forestal por su excelente madera, existiendo en Asturias y Galicia plantaciones para tal uso en zonas silíceas costeras, de estos lugares ha pasado de ser especie doméstica naturalizada en ambientes en los que aún compite con especies autóctonas (Padilla y Asanza, 2002).

### *e) Propagación y forma de cultivo*

Propagación mediante semillas y rebrotes de raíces, las semillas germinan fácilmente cuando se colocan en agua muy caliente por la noche, o cuando las semillas se expone al sol, o después de un incendio (Hill, 1982).

### *f) Usos*

Posee una madera valiosa para ser utilizada en ebanistería, revestimientos, paneles, pisos tornería (Tasmanian Timber Promotion Board [TTPB], 2006), además tienen un aporte de biomasa, forrajes, construcción.

## **2.2.6.3 Espino**

### *a) Descripción taxonómica*

Nombre Científico: *Vachellia macracantha* Humb, & Bonpl.

Nombre común: Faique, Guarango, Espino (Guayas, Manabí, Imbabura).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Vachellia*

Especie: *macracantha*

#### *b) Descripción botánica*

Árbol de 6-12 m de altura y 20cm de DAP, fuste delgado muy ramificado, tortuoso, ocasionalmente recto. Corteza marrón con manchas blancas irregulares. Copa horizontal aparasolada, con ramas y ramitas muy espinosas.

Gerrero y López, (1993) mencionan las siguientes características:

Hojas compuestas, bipinnadas, tiene hasta 15 cm de longitud, de color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés.

Flores. Amarillo dorado, fragantes, filetes de estambres coloreados a manera de borla reunidos en capítulos densos y globosos, se insertan de uno a cinco en la base de las hojas

Fruto. Una legumbre aplanada un tanto curva, mide de 8-12 cm de longitud por 1 cm de ancho, color café rojizo.

#### *c) Hábitat y ecología*

Zonas ribereñas, orillas de campos de cultivo, a lo largo de caminos. Asociada a Prosopis, Trixis, Waltheria. Presencia de insectos, abejas, moscardones (Yurakuna, 2010).

#### *d) Distribución ecológica*

En las provincias de Loja, Azuay, Chimborazo, Cotopaxi, Pichincha, Imbabura, Esmeraldas, Galápagos, El Oro, Guayas y Manabí se desarrolla entre los 0 a 2000 m.s.n.m. (Aguirre, 2012).

#### *e) Usos*

Es un árbol muy importante debido a que Proporciona fertilidad al suelo; ramas para riego; hábitat importante para protección de biodiversidad. Madera, madera de rebrote, leña y carbón; como planta ornamental (parques); forraje para ganado; polen para abejas. (Yurakuna, 2010)

Aguirre, (2012), manifiesta que debido a su alto poder calorífico, las flores se toman en infusión para afecciones cardíacas, hepáticos y en lavados para cicatrizar heridas

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del sitio

El presente estudio se realizó en el relleno sanitario San Alfonso de la parroquia Ambuquí a 35 km de la cabecera cantonal Ibarra; cuenta con una extensión de 0,6 ha.

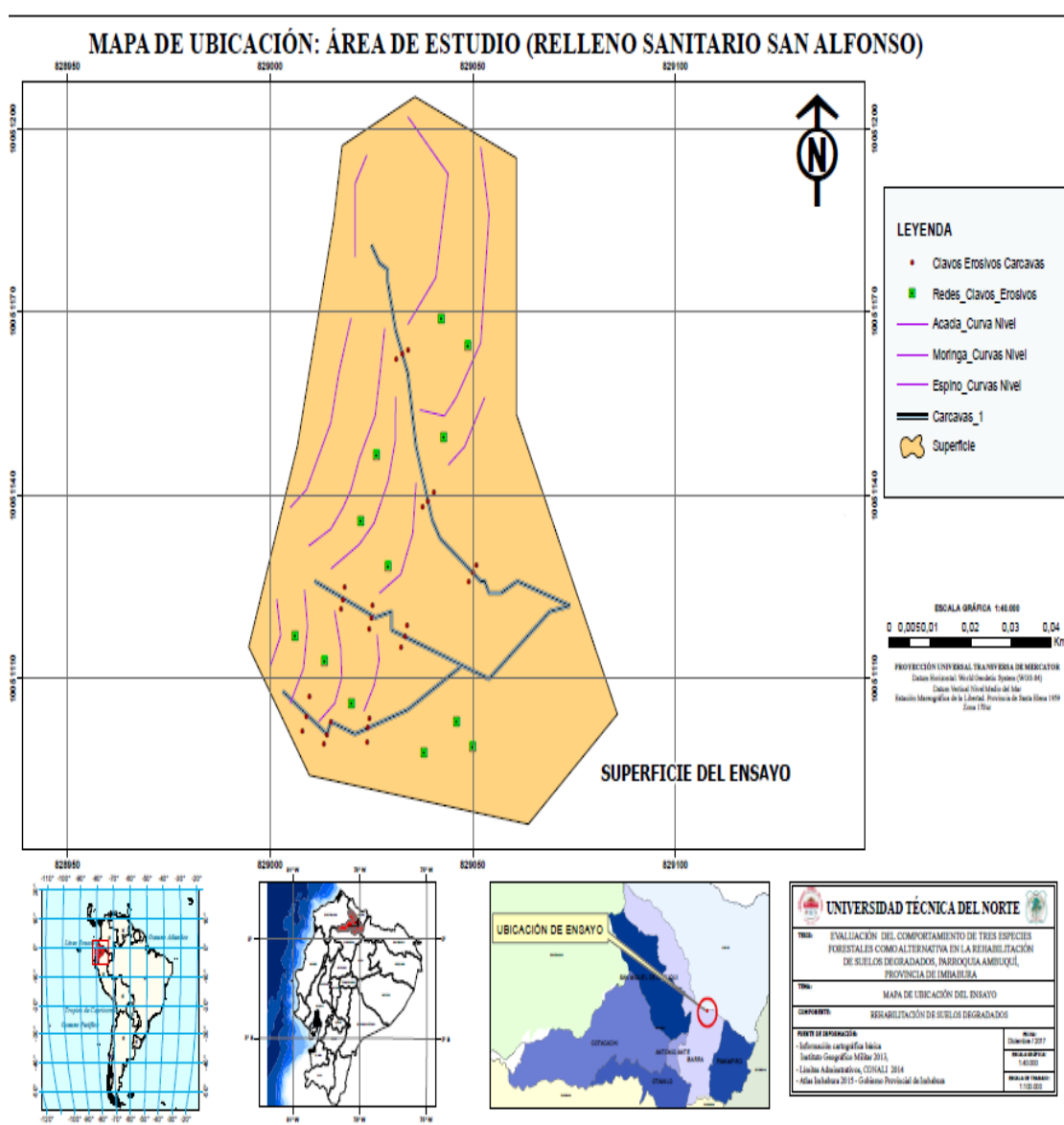


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

### **3.1.1 Política**

Provincia Imbabura, cantón Ibarra, parroquia Ambuquí, sector San Alfonso.

### **3.1.2 Geográfica**

El sector se encuentra en las coordenadas geográficas: 0° 30' 19,85" latitud N y 77° 42' 43,86" longitud W, a 1880 m.s.n.m.

### **3.1.3 Límites**

Al norte la parroquia García Moreno, al sur con la parroquia de Mariano Acosta, al este con la quebrada Chaguayacu y al oeste con la hacienda Pimán.

## **3.2 Datos climáticos**

La temperatura media anual es 24 °C, la precipitación anual es de 578 mm los meses de precipitación son de noviembre a enero, mientras que los meses de sequía son de junio a septiembre (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2018).

### 3.3 Equipos, insumos, materiales y software

Tabla 3

*Equipos, insumos, materiales y software utilizados en el ensayo*

Equipos	Insumos	Materiales	Software
Computador.	Plántulas de <i>Moringa oleifera</i> .	Útiles de oficina.	Arc Giss. 10.4
Navegador GPS.	Plántulas de <i>Acacia melanoxylon</i> .		
	Hidrogel.	Herramientas de campo.	InfoStat.
	Aserrín.		
Calibrador.	Tanques de 750 lt.		
Flexómetro.	Baldes de 18 lt.		
Balanza.	Fundas herméticas.	Cámara.	
Horno.	Materia orgánica (bovino)		

### 3.4 Metodología

#### 3.4.1 Reconocimiento del sitio de estudio

El presente estudio es un seguimiento del estudio titulado “Implementación de técnicas conservacionistas con especies forestales para la recuperación de cárcavas en la Parroquia Ambuquí, Provincia de Imbabura” (Pantoja y Cancán, 2015).

En esta segunda etapa de investigación se evaluó el crecimiento inicial de *Moringa oleifera*, la cual son plántulas de 90 días, su germinación fue por semillas, su procedencia fue de la empresa Ecuamoringa – Sociedad Ecuatoriana de Biotecnología (SEBIOCA) y *Acacia melanoxylon*, procedencia de la Granja Experimental Yuyucocha de aproximadamente 300 días, propagación vegetativa por estacas; además se continuo con el monitoreó la especie establecida en la primera etapa: *Vachellia macracantha*. Información que sirvió de línea base sobre el avance de la rehabilitación y/o degradación de la zona de estudio.

### 3.4.2 Especies forestales en técnica conservacionista

#### 3.4.2.1 Árboles en curva a nivel

A la especie *Vachellia macracantha* ya establecida se implementaron dos especies forestales; *Moringa oleifera* y *Acacia melanoxylon*; que fueron plantadas en cuatro curvas distintas para cada especie.

##### 3.4.2.1.1 Trazado, marcación y apertura del hoyado

El trazado y marcación de los hoyos se realizó siguiendo las curvas a nivel, a distancias de 1,5 m; para el hoyado se utilizó barras y hoyadoras, con dimensiones de 30x30x30 cm (ancho, largo, profundidad), la cual se realizó con 15 días de anticipación para su debida oxigenación.

##### 3.4.2.1.2 Plantación

En *Moringa* y *Acacia* negra se agregó aserrín 750 g y de hidrogel hidratado 10 g en dos litro de agua. Con el objetivo de tener una mejor distribución de los insumos, éstos fueron colocados de la siguiente forma: 300 g de aserrín, a continuación se colocó la planta, seguido los 10 g del hidrogel en el hoyo, luego se rellenó el hoyo con tierra del sitio, finalmente los 450 g de aserrín en la parte superior, en el caso de la especie de *Acacia melanoxylon* se le agrego 2000 g de materia orgánica (vacuna), antes de colocar el hidrogel y la tierra del sitio, esto se lo realizo porque su sistema radicular es más débil por ser obtenidas a través de propagación vegetativa por estacas. Una vez establecidas las especies, se adicionó un litro de agua.

#### 3.4.2.1.3 Colocación de estacas referenciales

Se colocó estacas de madera numeradas junto a cada plántula, para que las mediciones de las variables altura total y diámetro basal se realicen desde el mismo punto en cada evaluación y así evitar errores en la toma de datos.

#### 3.4.2.1.4 Descripción de parcelas de clavos de erosión

Para determinar la erosión superficial neta por escorrentía en las laderas, se instalaron varillas de hierro de 30 cm de longitud previamente graduadas (clavos de erosión), las cuales se colocó a 15 cm de profundidad. Cada red consta de 40 clavos que se distanciaron en sentido perpendicular y horizontal 30 y 40 cm respectivamente uno de otro. (Figura 2)

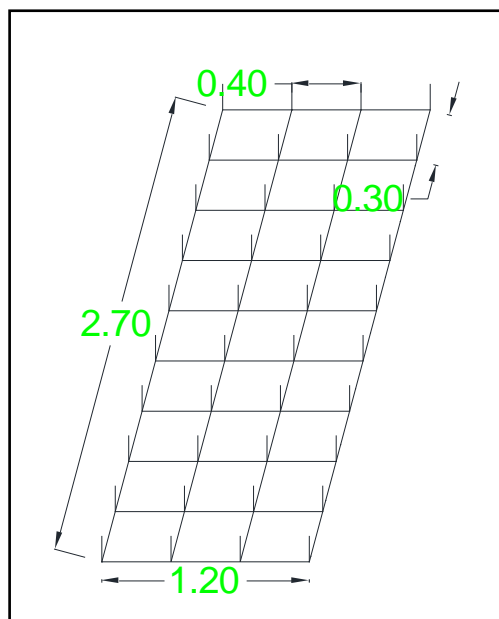


Figura 2. Dimensionado de red de clavos erosivos

La investigación se encuentra en tres laderas, con tres redes de clavos en cada una, por lo tanto cada ladera consta de 120 clavos dando un total de 360, además hay otra ladera como testigo con 120 clavos (sin curvas a nivel y sin especies forestales), se consideró una distancia mínima de tres metros entre cada red. (Figura 3)



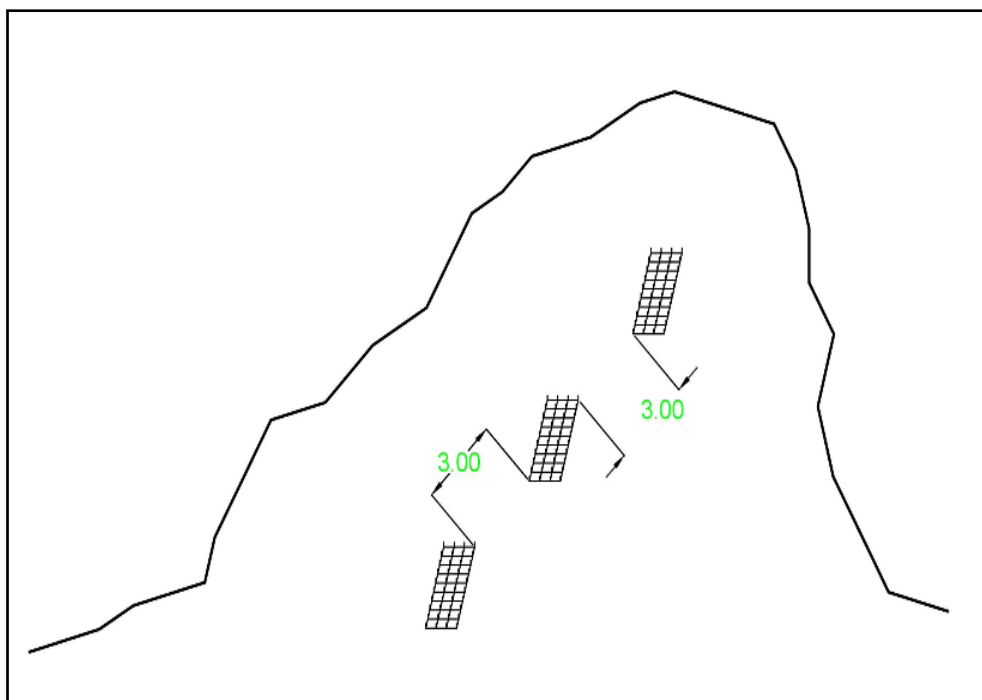


Figura 3. Ubicación de red de clavos erosivos en el las laderas

#### 3.4.2.1.5 Descripción de clavos de erosión en cárcavas

Para determinar la erosión superficial neta por esorrentía en las tres cárcavas, se instalaron varillas de hierro de 30 cm de longitud previamente graduadas (clavos de erosión), las cuales se colocaron a 15 cm de profundidad. En cada cárcava se instaló tres clavos, en la parte alta, media y baja, a lo largo de la cárcava, los clavos se aplicó en los extremos superiores y uno en el centro de la cárcava, dando un total de 27 clavos en las tres cárcavas. (Figura 4)

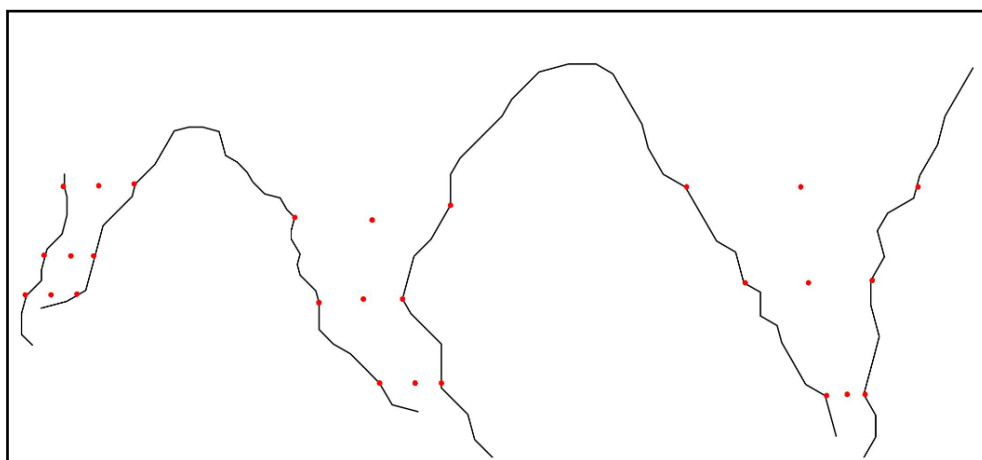


Figura 4. Ubicación y distribución de clavos erosivos en las cárcavas

#### 3.4.2.1.6 Toma de mediciones

Se midió las variables forestales para *Moringa oleifera* y *Acacia melanoxylon*, cada tres meses, y *Vachellia macracantha* al inicio y al final de la investigación, se evaluó la sobrevivencia, incremento en altura total, diámetro basal y estado fitosanitario.

##### a) Sobrevivencia

Los datos de sobrevivencia se tomaron contando el número de plantas muertas; para su determinación se aplicó la siguiente ecuación:

Ec. (1)

$$\text{Sobrevivencia (S\%)} = \frac{\text{Número de individuos vivos}}{\text{Número de individuos plantados}} \times 100$$

**Fuente:** Aguirre y Vizcaíno, (2010).

##### b) Altura total

Para evaluar la altura total de las plantas se midió desde la estaca referencial hasta la yema terminal, se utilizó una regla graduada al centímetro completo.

Para la medición de altura total de *Vachellia macracantha*, se consideró tomar la altura desde la estaca referencial hasta su rama terminal, en vista que su ápice se pierde por efectos ambientales del lugar y se empieza a bifurcar desde temprana edad.

##### c) Diámetro basal

Se midió el diámetro basal de la planta con el calibrador, su incremento fue en milímetros.

*d) Estado fitosanitario*

Se realizó la evaluación a través de observaciones directas, para ello se consideró los siguientes criterios. (Tabla 4)

Tabla 4

*Clasificación del estado fitosanitario de las especies forestales*

<b>Clasificación</b>	<b>Puntaje</b>
Excelente: sin lesiones de plagas y enfermedades	4
Bueno: lesiones en un 25% del área foliar	3
Regular: lesiones en un 50% del área foliar	2
Malo: lesiones en un 75% del área foliar	1

**Fuente:** Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria (S.E.S.A, 1984)

*e) Medición de clavos de erosión.*

Se considera que la evaluación de los clavos erosivos se lo aplica para obtener datos a largo plazo; además se pudo evidenciar la relación directa del crecimiento de las especies forestales con la erosión superficial neta.

Se midió los clavos de erosión utilizando un calibrador, desde el extremo superior de la varilla a la bases del suelo. Esta actividad se llevó a cabo cada cuatro meses desde el inicio de la investigación, cuya información se registrara para cada ladera y cárcava, para la estimación de los procesos erosivos, se utilizó la siguiente fórmula:

Ec. (2)

$$X = Y \times Da \times 10$$

**Fuente:** Pizarro y Cutiño, (2002)

Donde:

$X$  = Suelo erosionado o sedimentado ( $\text{ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ).

$Y$  = Altura media de suelo erosionado o sedimentado (mm).

$Da$  = Densidad aparente del suelo ( $\text{ton m}^{-3}$ ).

10 = Constante.

*f) Determinación del aporte de biomasa total*

Se realizó las mediciones de la biomasa total tomadas al inicio y final de la investigación, se tomó tres plantas al azar de cada especie, posteriormente se pesó cada planta en estado verde, luego se sometió a un proceso de secado en estufa a  $\pm 105^\circ\text{C}$  de temperatura, hasta obtener un peso constante (Schlegel, Gayoso y Guerra, 2000). La biomasa total se determinó en función de la siguiente ecuación:

Ec. (3)

$$\%MS = \frac{PSH}{PFM} \times 100$$

**Fuente:** Lagos y Vanegas (2003)

Donde:

$\%MS$  = Porcentaje de material seco

$PSH$  = Peso seco al horno de la muestra (g)

$PFM$  = Peso fresco de la muestra (g)

$$B = \frac{P \times \%MS}{100}$$

**Fuente:** Lagos y Vanegas (2003)

Donde:

$B$  = Biomasa

$P$  = Peso del componente

$\%MS$  = Porcentaje de materia seca

#### *g) Análisis de suelo.*

El análisis permitió demostrar si existe una relación del desarrollo de las especies forestales y la fertilidad del suelo en función del aporte de biomasa y regeneración de sedimentos, así como también de nutrientes, esto contribuirá con la rehabilitación del suelo mejorando su estructura y textura, es preciso mencionar que los procesos de aporte pueden ser imperceptibles, en vista que estos cambios se logra a un largo plazo debido que son especies perennes.

El análisis de suelo se obtuvo al final de la investigación; de cada ladera se obtuvieron tres muestras, a excepción del testigo que solo se obtuvo una muestra, por lo tanto cada muestra está compuesta de tres sub-muestras, las mismas que fue recolectadas de 20 a 30 cm de longitud de la planta, una en la parte alta, media y baja de la ladera, a una profundidad de 0 a 15 cm, posteriormente se depositó 1 kg del material en las fundas hermética, se procedió a etiquetar cada muestra, para ser enviadas al laboratorio de suelos, foliares y aguas de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD), perteneciente al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), ubicado en Tumbaco – Quito.

### 3.4.3 Estimador estadístico

Se aplicó la Prueba de “*t*” Student con la finalidad de comparar el crecimiento corriente anual de las tres especies, la biomasa total y cuantificación de la erosión superficial neta mediante la siguiente ecuación:

Ec. (5)

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S\bar{x}_c}$$

**Fuente:** Aguirre y Vizcaíno, (2010).

Donde:

$t$ = Student

$\bar{x}_1$ = media 1

$\bar{x}_2$ = media 2

$S\bar{x}_c$ = Error estándar de la media combinada

Se realizó el análisis de correlación entre las variables dasométricas: incremento en diámetro basal e incremento en altura total.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Variables forestales de las especies implementadas

##### 4.1.1 Sobrevivencia

Durante el transcurso de los 0 a 270 días se pudo evidenciar que a los 180 días la especie de *Moringa oleifera* tuvo su primera floración seguido por la fructificación (Figura 25), de la misma manera Janh *et al.*, (1986) mencionan que la floración en Soba fue a los 390 – 410 días de su plantación y seguido por la fructificación.

Se evidencia que entre las especies establecidas a los 270 días se destacó *Moringa oleifera* siendo la especie de mayor sobrevivencia presentando 64,81 % y *Acacia melanoxylon* con una menor sobrevivencia de 42,58 %. (Figura 5)

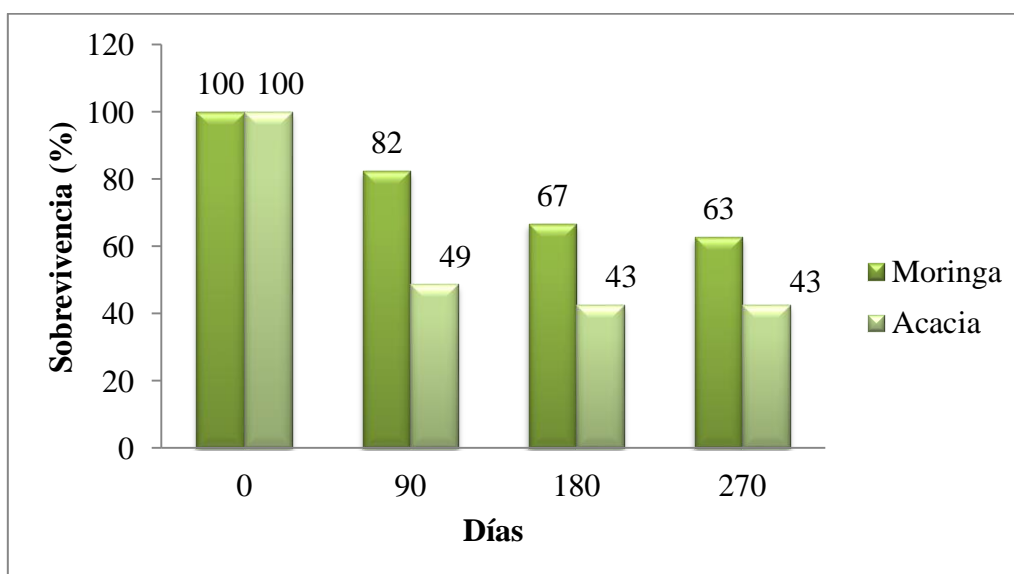


Figura 5. Sobrevivencia de las especies forestales implementadas

De las especies implementadas en el presente estudio, *Moringa oleifera* presentó mayor sobrevivencia debido a que es una especie con gran plasticidad ecológica, adaptabilidad a

diferentes tipos de suelo, precipitación y temperatura (COOPI, 2011); de la misma manera Janh *et al.*, (1986), en sus resultados obtenidos en Soba fueron de 77,4% a los nueve meses de ser plantados, manifiesta que varias veces presentaron condiciones difíciles de irrigación durante ese periodo teniendo presente que los suelos del sitio son suelos marginales debido a la salinidad y alcalinidad, siendo estas similares características del presente estudio con un pH promedio de 8,76

Para *Acacia melanoxylon* se registró el valores mas bajo de 42,58 % de sobrevivencia, Flores, (2016) menciona que en sus resultados para la misma especie fueron de 82,35 %, misma que afronto similares condiciones de periodo de sequía y ausencia total de agua riego, pero con diferencias edafológicas, suelo arenoso con un pH de 8,90 nivel superior al pH de 6,53, además de estar exento de cangagua lo que provoca la lixiviación y mayor escorrentía superficial al momento de riego o presencia de lluvia ocasionado el incremento de mortalidad.

Valenzuela, (2014) en su estudio con *Acacia melanoxylon* obtuvo una sobrevivencia de 97,5 % en la parroquia de El Sagrario, provicia de Imbabura, aproximadamente a unos 25 km. De la presente investigación, con mayor diferencia altitudinal de 478 m (2.358 m.s.n.m.), mayor precipitacion de 343,2 mm/año (619,2 mm/año), y a su vez la variación de temperatura de 24 °C a 17,7 °C, esta diferencia de sobrevivencia de 97,5 % y 42,58 %, se debe a las condiciones climaticas presentadas en el sitio, posiblemente la afectación de la intensidad lumínica y a su vez de pequeños chubascos, provocaron la quemazón de partes de la planta y planta entera; Grosse *et al.*, (1991) mencionan que al sur de Australia, donde la especie alcanza su mejor desarrollo, la temperatura máxima media del mes más cálido oscila entre 19 y 22 °C, pudiendo más al norte llegar a 26- 30 °C.

#### **4.1.2 Estado fitosanitario**

Las especies al momento de su establecimiento la puntuación fue: 4 para *Moringa oleifera*; 4 para *Acacia melanoxylon*, se consideró la clasificación de la Tabla 4



A los 270 días las especies de *Moringa oleifera* y *Acacia melanoxylon* descienden de puntaje a 2,47 y 2,37 respectivamente, la afectación fue provocada por la alta temperatura e intensidad lumínica, sin embargo (Roloff *et al*, 2009) y (Loewe *et al*, 1996) para *Moringa* y *Acacia* negra respectivamente mencionan que soportan tmperaturas de hasta 48 °C y 30 °C respectivamente; pero la presencia de chubascos fue lo que ocasionó la quemazón de los hojas y del área foliar, en el caso de *Moringa oleifera* que tiene foliolos delicados de forma oblongos u ovalados, en *Acacia melanoxylon* se debe considerar que esto sucedió cuando ya había concluido el proceso de transformación de hojas bipinadas a foliolos de mayor tamaño haciéndolo más vulnerable al presente fenómeno.

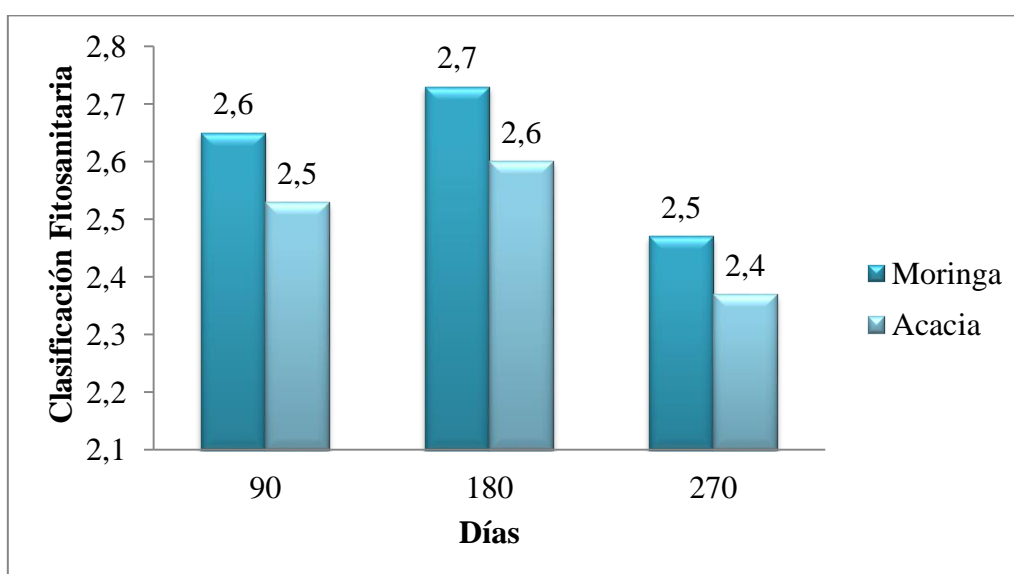


Figura 6. Estado fitosanitario de las especies forestales implementadas

#### 4.1.3 Altura total

A los 270 días de establecida la plantación, se obtuvo que existen diferencias estadísticas altamente significativas al correspondiente tabular al 95% de probabilidad estadística, durante todo el periodo de evaluación. (Tabla 15)

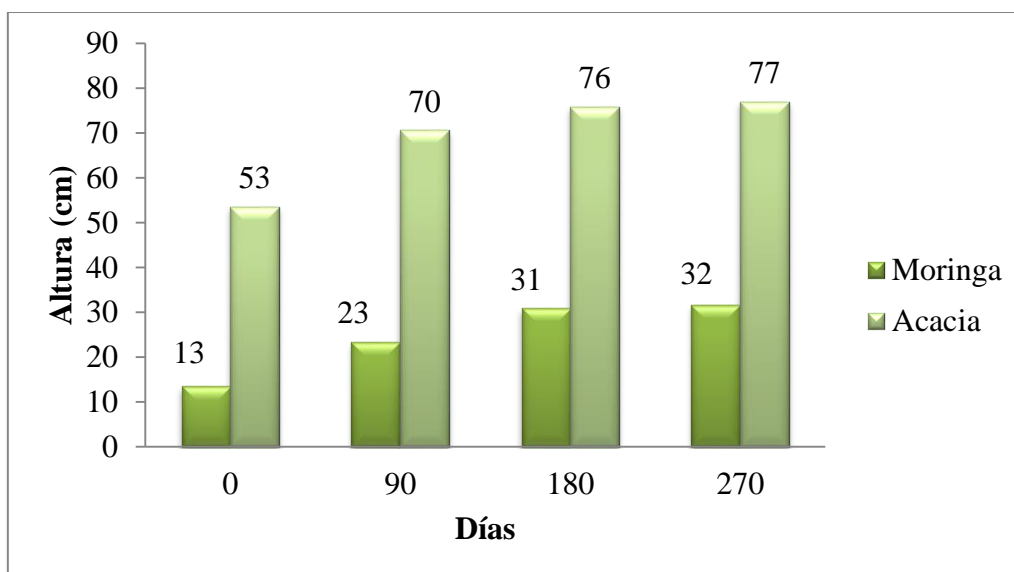


Figura 7. Altura total de las especies forestales implementadas

El incremento en altura total de *Moringa oleifera* fue de 18,2 cm a los 270 días, obteniendo los mejores resultados a los 90 días por la presencia de contenido de humedad del hidrogel colocado y a su vez por mayor presencia de precipitación, con un incremento de altura total de 9,95 cm.

Janh *et al.*, (1986), Manifiestan que los resultados obtenidos en Ecuadorian, el tamaño de los árboles de *Moringa oleifera* fue de 53 – 97 cm con edad aproximada de 17 meses, teniendo en cuenta que cuando les plantaron tenían una altura promedio de 20 – 22 cm, dando un incremento de 50 cm tomando en consideración las duras condiciones climáticas del sitio. Según Godino, *et al.*, (2013) para tener un óptimo crecimiento y alta producción de vainas y hojas, la planta necesita altas temperaturas medias diarias durante el año entre los 25 y 35 °C; mientras que Patel *et al.*, (2014) mencionan que el desarrollo de *Moringa oleifera* esta relacionado con la disponibilidad de humedad para la planta y en menor grado con la temperatura ambiental.

Para la especie de *Acacia melanoxylon* se registró un incremento de 23,35cm. En el estudio realizado por Castro, (2009) registró una altura al inicio de la plantacion de 51 cm y a los ocho meses de su evaluacion fue de 117 cm teniendo un incremento de altura total de 66 cm, obtuvo un buen resultado en el canton de Bolívar, provincia de Carchi, presentando 804 mm/año de precipitacion, humedad relativa de 79,3 %; Carlson y Añazco, (1990) mencionan

que *Acacia melaoxylon* exige suelos profundos y húmedos. Mientras que Grosse *et al*, (1991) manifiestan que una ventaja competitiva que presenta esta especie es la de adaptarse a dunas y zonas de abundante hierro en la composición de suelo, debido a la capacidad de fijar nitrógeno, esto se da por su sistema radicular por adaptarse a diferentes profundidades del suelo, siendo frecuente encontrar raíces superficiales y de distribución abierta, en suelos delgados y de restricción de drenaje.

#### 4.1.4 Diámetro basal (mm)

Durante el periodo de investigación se obtuvieron diferencias estadísticas altamente significativas al correspondiente tabular al 95% de probabilidad estadística, en todas las mediciones durante todo el periodo de evaluación. (Tabla 17)

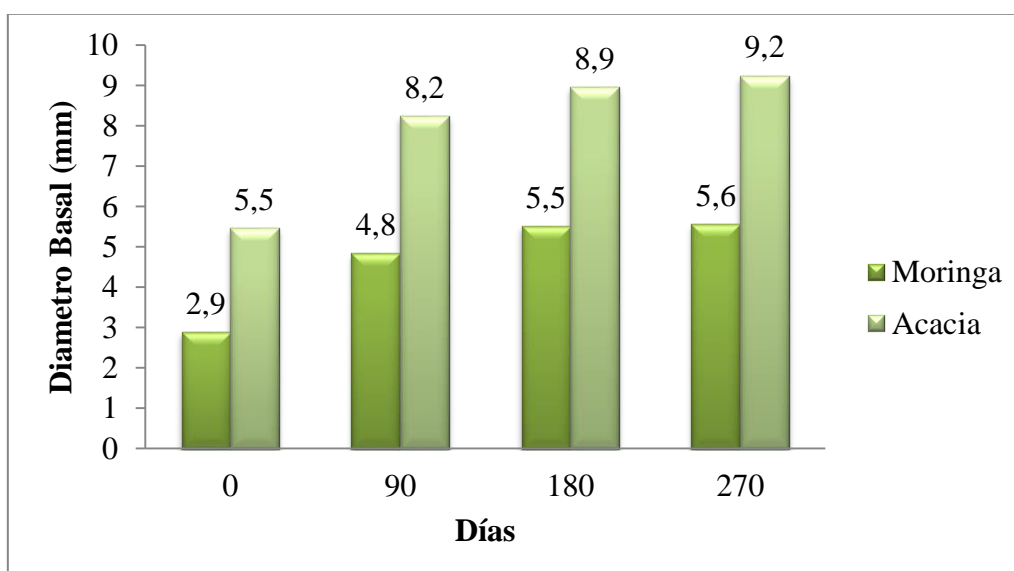


Figura 8. Diámetro Basal de las especies forestales implementadas

De los resultados obtenidos al final de la investigación, la especie de *Acacia melanoxylon*, registro el mayor incremento con un diámetro basal de 3,78 mm, y *Moringa oleifera* con valores 2,68 mm.

Cuasquer, (2017) menciona que *Acacia mlanoxylon* en la parroquia El Carmelo, provincia del Carchi, tuvo un incremeto de 1,65 cm a los 365 días de su establecimiento presentando características edafoclimáticas favorables para la especie, además hay que mencionar que la

plantación fue realizada en asocio con avena, misma que al mejorar la estructura de suelo pudo mejorar las condiciones e influir positivamente en el crecimiento de la especie; resultados similares obtuvo Siebert y Bauerle, (1995) asegurando que en estudios realizados en la zona de pantanos al sur de Tanzania, se registró un incremento promedio de diámetro basal de 5 a 10 mm anuales.

## 4.2 Variables forestales de la especie monitoreada *Vachellia macracantha*

### 4.2.1 Supervivencia

A la especie establecida en la investigación anterior, *Vachellia macracantha*, se le realizó un segundo monitoreo a los 1080 días de haberla establecido y a los 720 días de su primer monitoreo, presentando (73,07 %) de supervivencia, con un total de 38 plantas

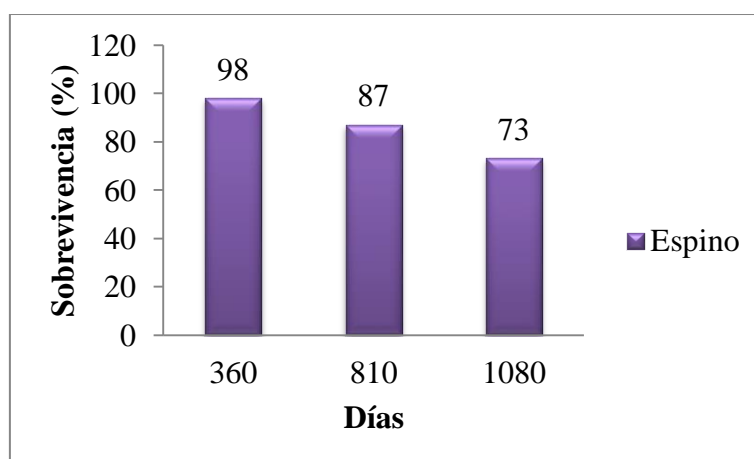


Figura 9. Supervivencia de la especie forestal monitoreada

### 4.2.2 Estado fitosanitario

Las especies de *Vachellia macracantha*, al inicio del monitoreo a sus 810 días presento una puntuación de 3, manteniéndose con esta puntuación hasta el final (1080), de acuerdo a la clasificación Tabla 4.

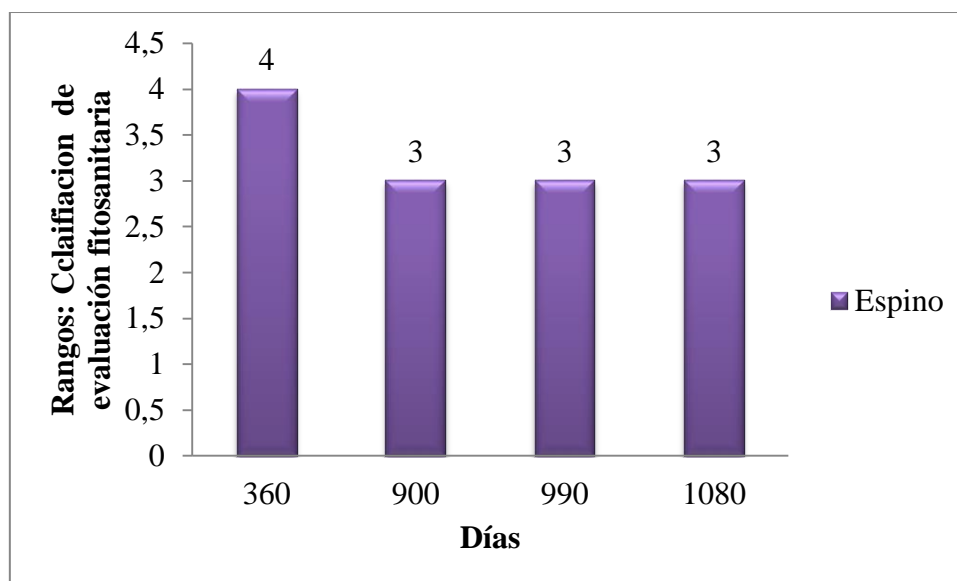


Figura 10. Estado fitosanitario de la especie forestal monitoreada

#### 4.2.3 Altura total

Existen diferencias estadísticas altamente significativas al correspondiente tabular al 95% de probabilidad estadística, durante todo el periodo de evaluación, a excepción de *Acacia melanoxylon* a los 270 días y *Vachellia macracantha* a sus 1080 días presentaron los valores promedios estadísticamente similares. (Tabla 15)

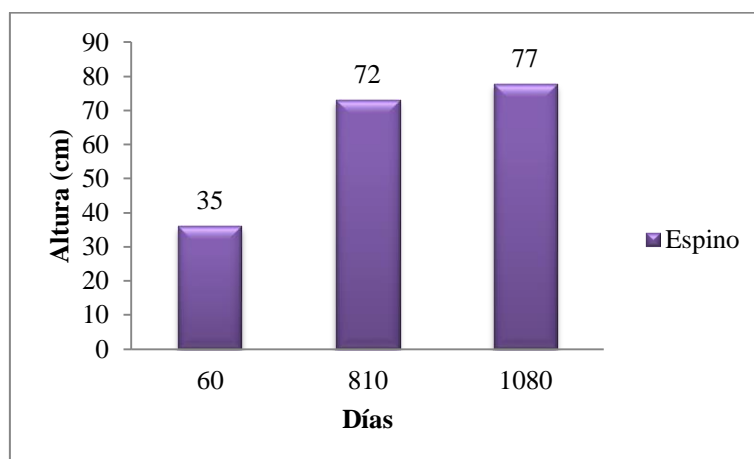


Figura 11. Altura total de la especie forestal monitoreada

El incremento medio anual en el presente periodo de monitoreo de la especie *Vachellia macracantha* es de 4,7 cm, obteniendo un mayor incremento de 1,3 cm de los resultados de (Pantoja y Cancán, 2015), esto se debe a la mayor precipitación registrada en presente periodo. (Tabla 21)

#### 4.2.4 Diámetro basal (mm)

Se obtuvieron diferencias estadísticas altamente significativas al correspondiente tabular al 95% de probabilidad estadística, en todas las mediciones durante todo el periodo de evaluación. (Tabla 17)

Al final de la presente investigación, la especie de *Vachellia macracantha* registro un incremento anual de 3,44 mm. A los 270 días

La especie de *Vachellia macracantha*, según Pantoja y Cancán, (2015) los resultados del incremento medio anual de diámetro basal a los 300 días fue de 1,15 mm y la evaluación que se realizó a los 1080 días después de la instalación presenta un diámetro basal de 14,5 mm, es decir un incremento medio anual de 3,62 mm.

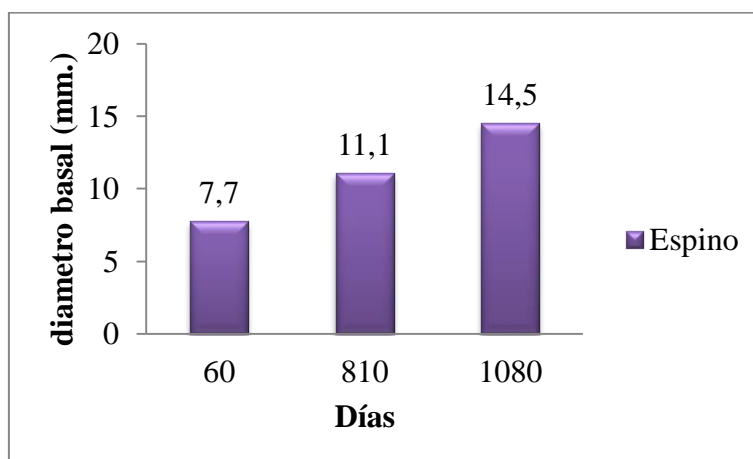


Figura 12. Diámetro basal de la especie forestal monitoreada

#### 4.2.5 Análisis de correlación de las tres especies forestales

Se realizó el análisis de correlación entre las variables altura total y diámetro basal a los 270 días, se evidenció que todas las especies presentaron una correlación altamente significativa en comparación a las correspondientes tabulares al 95 % y 99 % de probabilidad estadística, lo que demuestra un crecimiento directamente proporcional entre las variables mencionadas, es decir que a mayor diámetro basal, se presenta mayor altura. (Tabla 5)

Tabla 5

*Análisis de coeficiente de correlación de las tres especies forestales*

Coeficiente de Correlación					
Especie	R	N	Significancia	$t_{\alpha,0,05}$	$t_{\alpha,0,01}$
<i>Moringa oleifera</i>	0,640	32	**	0,344	0,443
<i>Acacia melanoxylon</i>	0,601	30	**	0,355	0,456
<i>Vachellia macracantha</i>	0,721	38	**	0,325	0,410

#### 4.3 Variables edáficas

##### 4.3.1 Parcelas de clavos erosivos

Tabla 6

*Erosión neta de las redes de clavos erosivos de las laderas*

LADERAS	(Y) mm ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Da ton m <sup>-3</sup>	Precipitación anual Mm	Pendiente %	X=Y.Da.10 ton ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
Ladera 1	4,8	1,4	578	35,0	78,0
Ladera 2	5,0	1,4	578	42,0	76,0
Ladera 3	4,6	1,4	578	35,0	71,0
Erosión Promedio de laderas	4,8	1,4	578	37,3	74,8
Testigo	5,7	1,4	578	37,3	81,7

Erosión ocurrida dentro de las redes de clavos durante el período de investigación, se calcula promedios de lámina superficial del suelo movilizado (mm), el promedio de la erosión neta calculada dentro de las laderas fue  $74,8 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , mientras que en el Testigo el resultado fue  $81,67 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .

Se puede evidenciar que existe una tasa de erosión alta de acuerdo a las clases de erosión de la FAO-UNESCO (Tabla 1); se indica que la principal afectación del lugar de estudio es la erosión por escurrimiento hídrico, siendo causante el agente agua, tomando en cuenta que la precipitación es baja, pero con eventos de alta intensidad, la misma que contribuye al desprendimiento y arrastre de la capa laminar del suelo dando lugar a la formación de cárcavas, lo que representa uno de los niveles más altos de degradación; de la misma manera Osterkamp, (2008) menciona que la erosión en cárcavas están dominados por la acción de agua solo durante e inmediatamente después de intensas precipitaciones.

Pantoja y Cancán, (2015) en los resultados anteriores de la misma investigación, determinaron una erosión de  $33 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , con una precipitación anual de  $\pm 350 \text{ mm}$ , el aumento de erosión en el presente estudio es de  $74,8 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , con una precipitación de  $578,4 \text{ mm}$ , Pizarro & Cutiño, (2002) utilizando la misma metodología de clavos erosivos en la provincia de Limari, región Coquimbo, país Chile, en el año 2007, presenta similares características de textura franco arenosa y densidad aparente de  $1,37 \text{ g cm}^{-3}$ , calcularon una erosión de  $36 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , con una precipitación anual de  $419 \text{ mm}$ , y en el año 2009 la erosión de  $76,72 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , con una precipitación anual de  $532 \text{ mm}$ , indicando que el principal factor es la erosión hídrica.

Según De Alba *et al.*, (1998), aplicada la metodología de rogueros o surcos en Rielve (Toledo), realizada en el secano mediterraneo en barbechos blancos, con una pendiente entre 8 y 18 %, se presentó una precipitación de 70 mm en apenas duró 45 min, con una intensidad media de  $93,9 \text{ mm h}^{-1}$ , lo que provoca una tasa de erosión de  $351,2 \text{ ton ha}^{-1}$ , en el año 1995, mientras que para los resultados obtenidos en Higuera (Toledo), utilizando la misma metodología realizada en campos de barbechos blancos en el periodo (1993/1994-1996/1997) con una pendiente no mayor a 15% y con precipitaciones media anual de 484 mm, obtuvo una erosión media anual de  $46 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .



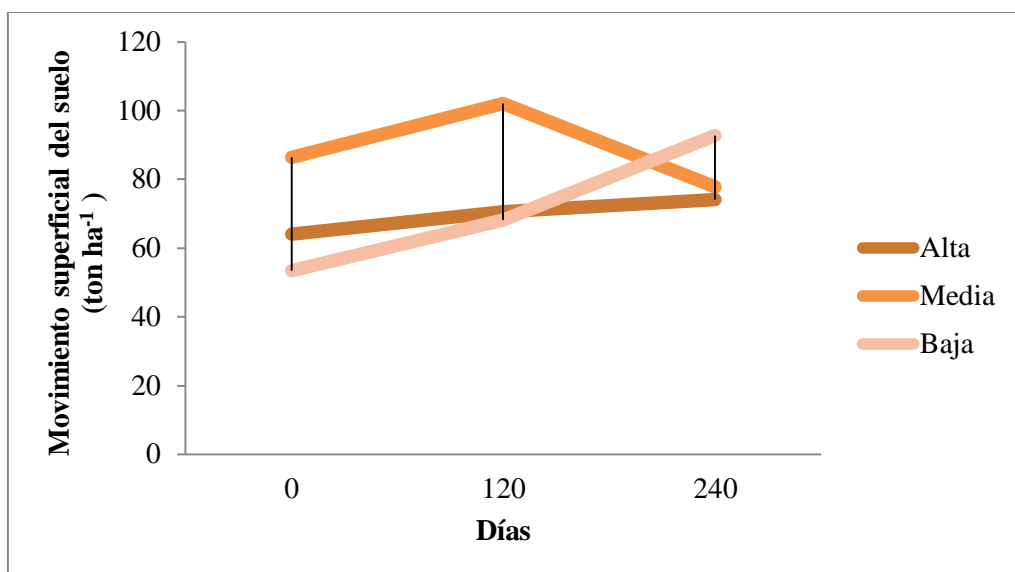


Figura 13. Erosión de laderas con especies forestales ( $\text{ton ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ )

Movimiento superficial del suelo desde la parte alta a la baja de las tres laderas juntas, en los tres casos se evidencia un incremento de erosión superficial a los 120 días, esto se debe a que en los días anteriores hubo gran presencia de precipitación. (Figura 14)

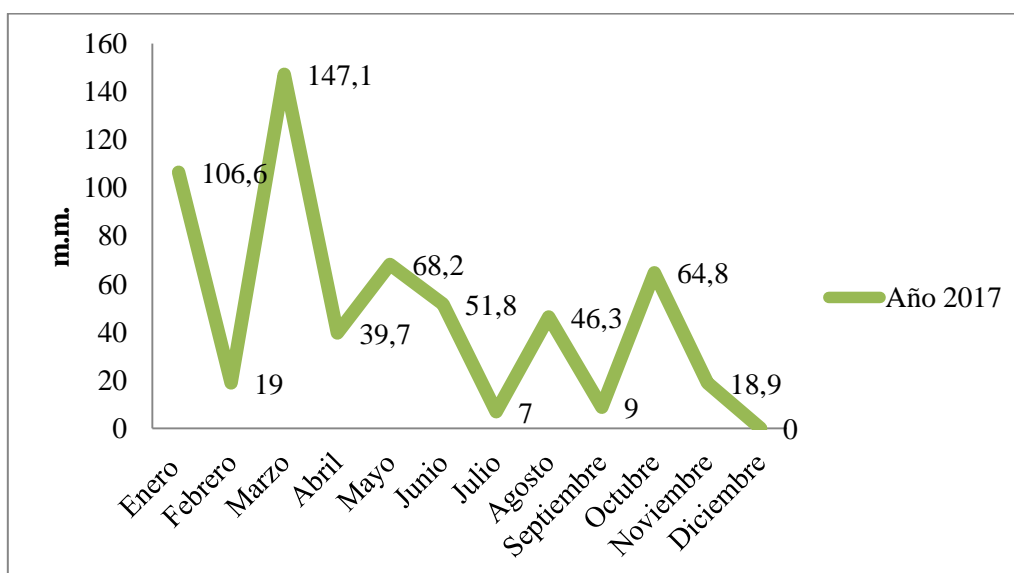


Figura 14. Registro mensual de precipitación

**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2018

Los análisis de la prueba de “t” de Student de las redes de clavos de erosión se detallan en el anexo del documento. (Tabla 18)

#### 4.3.2 Medidores de erosión en cárcavas

Tabla 7

*Erosión en clavos erosivos aplicados en las cárcavas*

<b>CÁRCAVAS</b>	<b>(Y)</b> mm ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	<b>Da</b> ton m <sup>-3</sup>	<b>Precipitación anual</b> mm	<b>X=Y.Da.10</b> ton ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
Cárcava 1	12,7	1,4	336	177,5
Cárcava 2	8,8	1,4	336	136,6
Cárcava 3	10,5	1,4	336	92,1
Promedio	10,7	1,4	336	135,4

De los 27 clavos de erosión instalados en los extremos y en el centro de las cárcavas se desprenden los siguientes resultados: cárcava 1: 177,5 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, cárcava 2: 136,6 ton/ha/año y cárcava 3: 92.1 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, con una promedio de 135,4 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de erosión neta; Pantoja y Cancán, (2015) registraron una menor erosión neta de 74.7 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, esto se debe a la técnica conservacionista de franjas vivas aplicada en su estudio, y a la menor precipitación  $\pm$  350 mm registrada en la época de recolección de datos, (Tabla 21) lo que se considera evidente la disminución de erosión al aplicar una técnica conservacionista.

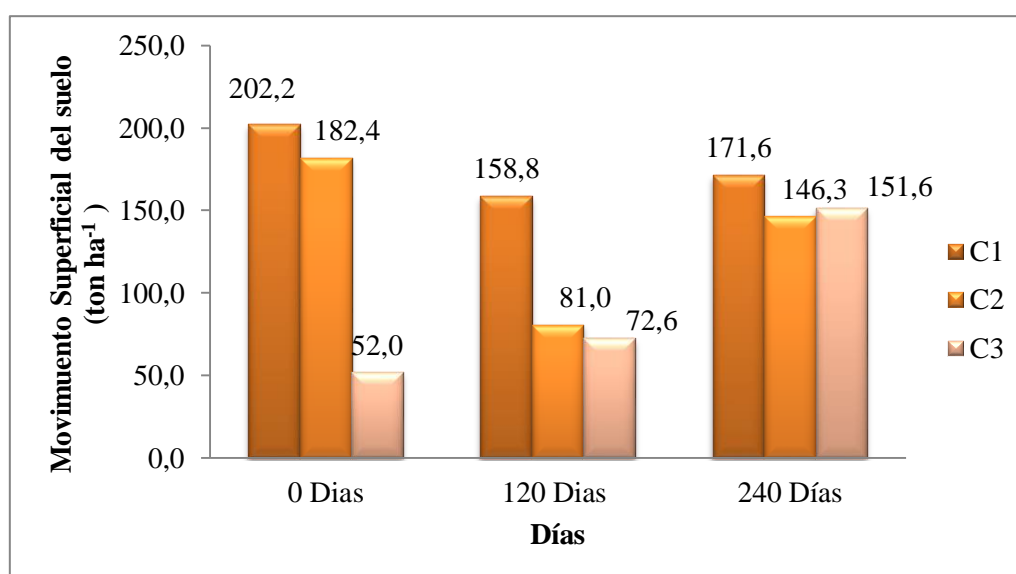


Figura 15. Erosión de cárcavas (ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>)

#### 4.4 Aporte de biomasa total de las especies forestales

La mayor biomasa obtenida en la presente investigación fue de la especie de *Vachellia macracantha* con un promedio de 143,33 g, esto se debe a que es una especie de mayor edad.

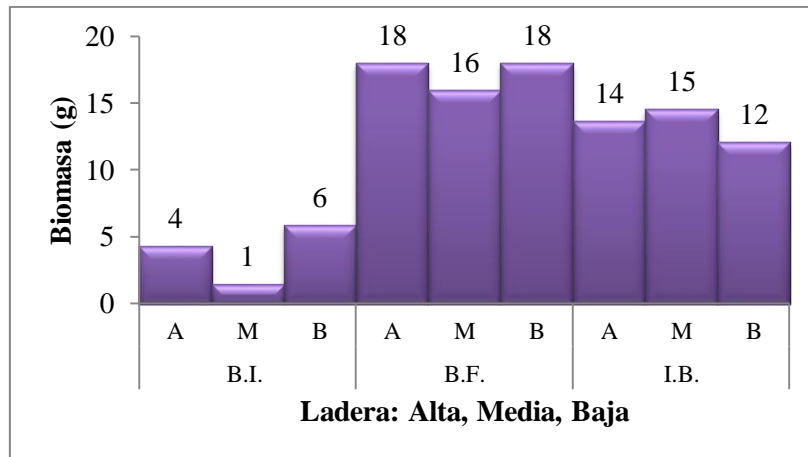


Figura 16. Incremento de biomasa *Moringa oleifera*, Alta (A), Media (M), Baja (B).

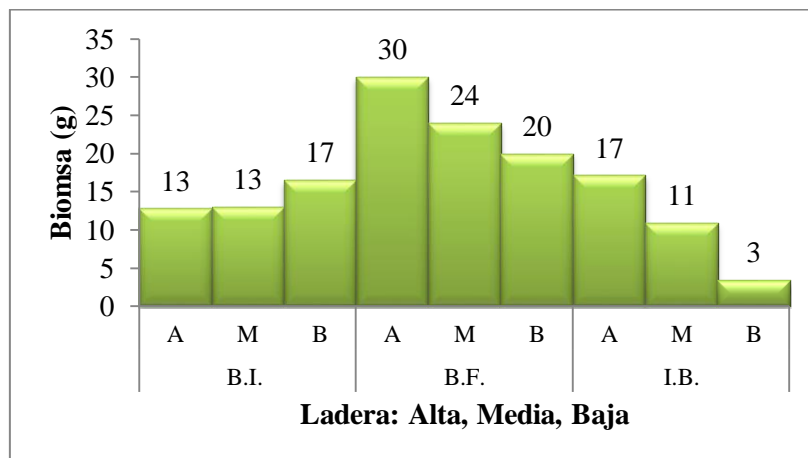


Figura 17. Incremento de biomasa *Acacia melanoxylon*

En la investigación realizada por (Cuasquer M. F., 2016) de la especie de *Acacia melanoxylon* con asocio de tres tipos de pastos en la Provincia del Carchi, Parroquia El Carmelo, obtuvo un promedio de biomasa de 20,33 g., mayor a la registrada en la presente investigación, se debe claramente a la diferencia edafoclimatica, además del aporte por parte del asocio de los pastos.

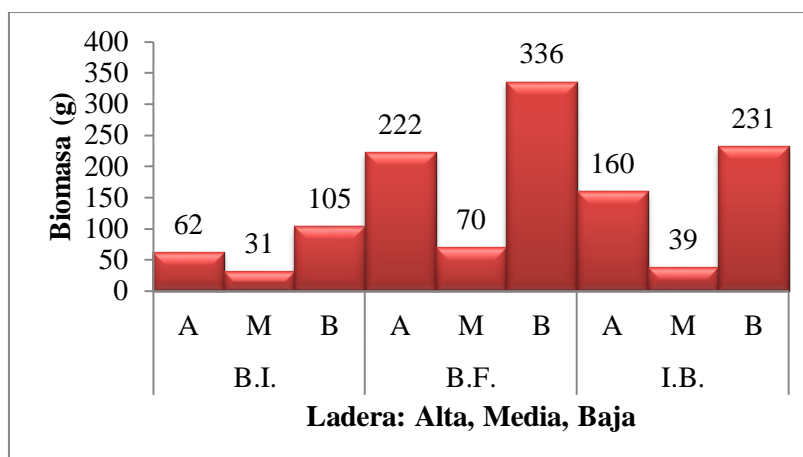


Figura 18. Incremento de biomasa *Vachellia macracantha*.

#### 4.4.1 Comparativo de biomasa área con la biomasa radicular de la plántula

El porcentaje de biomasa radicular es significativo al de la parte aérea de la plántula pese al menor tamaño en longitud demuestra que presenta un mayor contenido de biomasa, (Gale *et al*, 2000) mencionan que el carbono almacenado procedente de las raíces alcanza 50 % del carbono total, mientras tan sólo el 13 % corresponde a biomasa aérea.

Tabla 8

*Biomasa aérea vs radicular*

	Biomasa (g)		Longitud (cm)	
	Raíz	Planta aérea	Raíz	Planta aérea
<i>Moringa oleifera</i>	12,00	6,00	7,00	57,00
<i>Acacia melanoxylon</i>	6,00	18,00	10,03	87,91
<i>Vachellia macracantha</i>	72,00	150,00	14,00	107,00

## 4.5 Análisis de suelo

### 4.5.1 Composición química del suelo

Tabla 9

*Interpretación de Resultados - Región Sierra (M O, N, P, K)*

<b>PARÁMETRO</b>	<b>M O</b> (%)	<b>N</b> (%)	<b>P</b> (mg/kg)	<b>K</b> (cmol/kg)
Bajo	<1,0	0-0,15	0-10,0	<0,2
Medio	1,0-2,0	0,16-0,3	11,0-20,0	0,2-0,38
Alto	>2,0	>0,31	>21,0	>0,4

Tabla 10

*Interpretación de Resultados – Región Costa y Sierra (pH)*

	<b>Ácido</b>	<b>Ligeramente Ácido</b>	<b>Prácticamente Neutro</b>	<b>Ligeramente Alcalino</b>	<b>Alcalino</b>
pH	5,5	5,6-6,4	6,5-7,5	7,6-8,0	8,1

Tabla 11

*Resultados del análisis físico-químicas de las muestras de suelos*

<b>Código de Muestra Laboratorio</b>	<b>Especies establecidas</b>	<b>Identificación de campo de la muestra</b>	<b>pH</b>	<b>M. O.</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
SFA-17-2715		L1S	9,40	0,46	0,02	10,0	2,12
SFA-17-2717	Moringa	L1M	8,43	0,32	0,02	18,6	1,26
SFA-17-2713		L1B	8,56	0,36	0,02	14,6	0,75
SFA-17-2716		L2S	9,57	1,27	0,06	22,3	1,53
SFA-17-2714	Acacia negra	L2M	8,12	0,34	0,02	38,0	0,82
SFA-17-2721		L2B	9,03	0,88	0,04	26,6	1,27
SFA-17-2719		L3S	8,60	0,87	0,04	22,8	0,84
SFA-17-2718	Espino	L3M	8,54	1,14	0,06	12,1	1,12
SAF-17-2720		L3B	8,62	1,56	0,08	20,0	1,10
SAF-17-2722	Sin especie	Testigo	8,73	1,44	0,07	16,0	0,74

Descripción de la identificación de la muestra en el campo: Ladera 1,2, 3 (L 1,2, 3), Superior (S), Media (M), Baja (B).

Con base a los resultados del análisis de suelo se clasifican como suelos alcalinos con un pH promedio general de 8,76; el mayor contenido de materia orgánica se lo registro en la (L3B) con la especie de *Vachellia Macracantha*, que fue monitoreada en el presente estudio, con un incremento de 0,16 % , con relación a los resultados de la anterior investigación (1,40 %), la que menor porcentaje de materia orgánica presenta es (L1M), se debe a que existe una gran pérdida de capa superficial se suelo, esta ladera fue la q mayor porcentaje de erosión presento, ratificando lo mencionado por Diodato, (2004), que la erosionabilidad expresa la susceptibilidad del suelo para ser movilizad, este factor depende del tipo de suelo, estructura y cantidad de materia orgánica q posea ya que la presencia de agregados impide la erosión.

Con respecto al nitrógeno se ha demostrado en otras investigaciones que existe relación de proporcionalidad con la materia orgánica, debido a que influye en el suministro de elementos nutritivos, además de ser de gran importancia en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Ortiz y Ortiz, 1990), manteniéndose con mayor porcentaje la (L3B) con 0,08 %, esto se debe al aporte de biomasa foliar y radicular a través de los procesos por los cuales las raíces afectan la agregación; Angers y Caron, (1998); Six *et al*, (2004); Bronick y Lal, (2005) mencionan que pueden ser agrupados en cinco categorías: penetración de raíces, modificación del régimen hídrico, producción de exudados, entrelazamiento de agregados causados por las raíces y descomposición de raíces muertas.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Baja sobrevivencia para las especies implementadas, cabe mencionar que la especie que menor mortalidad presento fue *Moringa oleifera*, en el caso de *Vachellia macracantha* a 1080 días obtuvo la mayor sobrevivencia destacándose como la mejor de las tres especies, debido a que es una especie que soporta fuertes temporales de sequía, además de ser una especie nativa del lugar.

*Acacia melanoxylon*, presentó el mayor crecimiento en altura total y diámetro basal, se pudo evidenciar que en la zona de la ladera que mejor se desarrolló fue donde existe presencia de pequeñas rocas bajo el manto superficial del suelo, al igual que la especie que se le monitoreo, *Vachellia macracantha* presentando un incremento medio anual de 4,7 cm en altura y 3,44 mm en diámetro basal en el presente periodo.

*Vachellia macracantha* presentó mejor estado fitosanitario con la mayoría de plantas presentando lesiones mínimas en el área foliar en vista que esta es una especie nativa del lugar, mientras *Moringa oleifera* y *Acacia melanoxylon* presentó afectación que fue provocada posiblemente por la quemazón de las hojas y del área foliar, por la intensidad lumínica y a su vez presencia de chubascos, además se debe a que las dos especies fueron obtenidas de distintos climas y procedencia al que se los estableció.

En las parcelas de los clavos erosivos, se manifestó el rol predominante que presentan los episodios de alta intensidad de precipitación que han ocasionado un incremento de 33,7 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> a 73,8 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> de erosión neta en los años 2014 - 2017 respectivamente, siendo estas las laderas que están aplicadas la técnica conservacionista de curvas a nivel; mientras que en la ladera testigo se registró un incremento de 42 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> a 81,67 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Las cárcavas por ser uno de los niveles más altos de erosión presentaron en la actualidad un promedio de 135,4 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, dejando en claro que la principal afectación para el

aumento de la tasa erosiva es la intensidad de precipitación junto a las pronunciadas pendientes y características del suelo.

En la zona de estudio, los clavos de erosión han demostrado ser una técnica económica y fácil de usar en la cuantificación de los procesos erosivos.

La biomasa se registró un mayor contenido para *Vachellia macracantha*, esto se debe a la gran diferencia de 810 días de establecida, permitiendo que se encuentra totalmente lignificada y aumentando significativamente la biomasa; seguido por *Moringa oleifera* a pesar de estar recientemente establecida y *Acacia melanoxylon* que fue la que menos contenido de biomasa obtuvo.

## **5.2 Recomendaciones**

Se recomienda el monitoreo de las especies establecidas en sus variables dasométricas y sobrevivencia, considerando que podría existir una influencia directa del crecimiento de las especies forestales aplicadas en curvas a nivel con la disminución de erosión, dando lugar a la contribución de la rehabilitación de los suelos degradados.

Para condiciones edafoclimáticas similares se recomienda emplear *Vachellia macracantha* debido a que presentó la mayor sobrevivencia en vista de que es una especie nativa del lugar

Considerando el alto índice erosivo, se recomienda seguir empleando técnicas conservacionistas, con especies forestales que aporten biomasa y regeneren los suelos, teniendo en cuenta que es un proceso a largo plazo.



## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrodesiertos. (2006). *Programas Agroforestales*. Obtenido de Moringa (Moringa oleífera): <http://www.agrodesierto.com/>
- Aguirre, Z. (2012). *Especies Forestales de los Bosques Secos del Ecuador*. Quito: Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático MAE/FAO.
- Aguirre, Z. (2012). *Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el cambio climático.MAE/FAO - Finlandia*. Quito, Ecuador.
- Aguirre, Z., & Kvist, L. (2005). Composición florística y estado de conservación de los bosques secos del sur-occidente del Ecuador. *Lyonia*, 41-67.
- Alfaro, N., & Martínez, W. (2008). *Uso potencial de la Moringa para la producción de alimentos*. Guatemala.
- Angers, D. A., & Caron, J. (1998). Plant-induced changes in soil structure: processes and feedbacks. *Biogeochemistry*, 42, 55-72.
- Bautista, C., Etchevers, J., & Castillo. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Revista Ecosistema*.
- Bautista, E. C., & Castillo. (2004). La Calidad del suelo y sus indicadores. *Revista Ecosistema*. Obtenido de <http://www.aeet.org/ecosistemas/042/revision2.htm>
- Belmonte, S. F., Romero, D. A., López, B. F., & Hernan, L. E. (1999). *Óptimo de Cobertura Vegetal en Relación a las Pérdidas de Suelo por Erosión Hídrica y las Pérdidas de Lluvia por Intercepción*. Murcia, España.
- Bermúdez, F. L., & Díaz, A. R. (1998). *Papeles de Geografía*. Obtenido de <http://revistas.um.es/geografia/article/view/45421/43461>
- Bronick, C. J., & Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124, 3-22.

- Carlson, P., & Añazco, M. (1990). *Establecimiento y Manejo de Prácticas Agroforestales en la Sierra Ecuatoriana. Red Agro-Forestal Ecuatoriana*. Quito, Ecuador.
- Castro, E. (2009). “*Crecimiento Inicial de tres Procedencias de Acacia melanoxylum R.Br, en Asocio con Arveja, Fréjol y Cebolla en Bolívar - Carchi*”. Bolívar, Carchi.
- Ceron, I., & Anali, F. (07 de Enero de 2011). *Alternativas de protección de suelos en la Microcuenca Yahuarcocha mediante la plantación de especies Caesalpinia Spinosa, Acacia Macracantha y Schinus Molle, en zanjas de infiltración*. Obtenido de Repositorio UTN: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/216>
- COOPI. (2011). *Comer del Monte*. Chaco.
- Cuasquer, C. (2017). “*Evaluación del Crecimiento de Acacia (Acacia Melanoxylon R.Br.) en Asocio con tres Variedades de Pastos, en la parroquia El Carmelo, Provincia del Carchi*”. Carchi, Carchi.
- Cuasquer, M. F. (07 de Julio de 2016). *Determinación del Comportamiento Inicial de Acacia (Acacia Melanoxylon R.Br.), en Asocio con tres tipos de pasto, en la Parroquia El Carmelo, Provincia del Carchi*. Obtenido de Repositorio UTN: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/5819>
- De Alba, S., Benito, G., & Perez González, A. (1998). *Erosión de suelo en episodios de lluvia de elevada intensidad versus episodios de moderada y baja intensidad y elevada frecuencia en ambientes semiáridos*. En A. Gómez Ortiz y F. Salvador Franch. (Investigaciones recientes de la Geomorfología española. ed.). Rielve, Toledo, España.
- De Alba, S., Torralba, M., Cermeño, F. I., & Barbero, F. (2011). *Erosión y Manejo del Suelo. Importancia del Laboreo ante los Procesos Erosivos Naturales y Antrópicos*. Madrid, España.
- De Alba, S., Benito, G., Lacasta, C., & Pérez González, A. (2003). *Erosión Hídrica en Campos de Agricultura Extensiva de Clima Mediterráneo. Influencia del manejo del suelo en Castilla - La Mancha*. Edafología, Soc. Española Ciencia del Suelo (SECS). Castilla La Mancha, España.

- De Bièvre, Í. V., & Buytaert, W. (2006). *Hidrología del páramo: Importancia, propiedades y vulnerabilidad*. Quito, Ecuador: Abya Yala.
- De la Rosa, D. (2008). *Evaluación Agro - ecológica de Suelo para un desarrollo rural sostenible*. Madrid, España: Mundi Prensa.
- Diodato, N. (2004). "Estimating RUSLE's rainfall factor in the part of Italy with a Mediterranean rainfall regime" (Vol. 8).
- Enrique Trujillo, N. (2003). Plantines y retenedores de agua. revista *M&M*, [www.revista-MM.com](http://www.revista-MM.com).
- FAO. (1967). *La erosión del suelo por el agua. Colección FAO: Fomento de tierras y aguas*. Roma.
- FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Roma, Italia.
- FAO. (2009). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Roma.
- FAO. (s.f.). *Textura del Suelo*. Obtenido de [ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO\\_training/FAO\\_training/general/x6706s/x6706s06.htm](ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s06.htm)
- FAO-UNESCO. (1975). *Erosión de Suelos en América Latina*. Recuperado el 27 de 12 de 2017, de Depósito de documentos de la FAO: [http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S0b.htm#La erosión del suelo en la República Argentina](http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S0b.htm#La%20erosi%C3%B3n%20del%20suelo%20en%20la%20Rep%C3%BAblica%20Argentina)
- FHIA. (2011). *Guía Sobre Prácticas de Conservación de Suelos*. La Lima, Cortés, Honduras.
- Flores Fernández, G. G. (2016). *Técnicas Conservacionistas en Sistemas Agroforestales en Sector Santiaguillo, Cantón Mira*. Mira, Imbabura.
- Folkard, G., & Sutherland, J. (1996). *Moringa oleífera un árbol con enormes potencialidades*. Turrialba, Costa Rica.
- Folkard, G., & Sutherland, J. (1996). *Moringa oleífera, un árbol con enormes potencialidades, Agroforestry*. Turrialba, Costa Rica.
- Gale, W. J., Cambardella, C. A., & Bailey, T. B. (2000). Surface residue and root derived carbon in stable and unstable aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64, 196-201.

- Gerrero, C., & López, F. (1993). *Árboles Nativos de la Provincia de Loja*. Loja, Ecuador.
- Godino, M., Vázquez, T., Izquierdo, M. I., & Pérez, C. (2013). *Estudio de la incidencia de los factores ecológicos abióticos (temperatura y humedad) en la germinación y desarrollo de la Moringa oleifera Lam. 6º Congreso Forestal de España*. Vitoria-Gasteiz, Vasco.
- González, G. N. (2009). *Datos generales sobre propiedades nutricionales y medicinales de la planta de Moringa Oleífera*. Habana.
- Grosse, H., Kannegieser, U., & Quiroz, I. (1991). *Silvicultura de Acacia melanoxylon (Informe Final)*. INFOR. Concepción, Chile.
- Herbario Loja, UNISIG, CINFA. (2001). *Zonificación y determinación de los tipos de Bosque seco en la provincia de Loja*. Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- Hillel, D. (1998). *Environmental Soil Physics*. San Diego, EUA.
- Imeson, A., & Curfs, M. (2008). *La Erosion del Suelo*.
- INAMHI. (2018). *Registro Mensual de Puviometria*. Instituto Nacional de Meteorología de Hidrología, Quito.
- Janh, S. A., Musnad, H. A., & Burgstaller, H. (1986). *Capítulo Un árbol que purifica el agua: Cultivo de Moringaceae para usos múltiples en el Sudán. La genética y los bosques del futuro, Unasilva nº 152. Depósito de documentos de la FAO*.
- Janzen, D. H. (1988). *Tropical dry forest: the most endangered major tropical ecosystem*. Washington, D.C.: E.O. Wilson (ed.) Biodiversity.
- Jaramillo, D. F. (2002). *Introducción a la Ciencia de los Suelos*. Medellín, Colombia.
- José Peralta, A. M. (s.f). *Agentes Erosivos y Tipos de Erosión*.
- Loewe, V., Toral, M. E., & López, C. (1996). *Monografía de Aromo australiano Acacia melanoxylon. Potencialidades de especies y sitios para una diversificación silvícola nacional. Proyecto financiado por CONAF. Publicación interna INFOR*. Santiago, Chile.

- López Bermúdez, F., & Romero Díaz, A. (1998). *Erosión y Desertificación: Implicaciones Ambientales y Estrategias de Investigación*. Murcia, España.
- Madsen, J., R. Mix, & H. Balslev. (2001). *Flora of Puná Island. Plant resources on a Neotropical island*. (A. U. Press, Ed.) Aarhus, Denmark.
- MAE. (2015). *Subsecretaría de Cambio Climático*. Quito.
- MAGAP. (2017). *Manejo Agroecológico de Suelos*. (M. D. Carrión, Ed.) Quito, Ecuador: Empresa Pública Medios Públicos del Ecuador.
- Medina, M. (2007). *Estudio comparativo de Moringa oleífera y leucaena leucocephala durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento*.
- Morales, C., Dascal, G., Aranibar, Z., Morera, R., Candia, D., & Agar, S. (2010). *La degradación de las tierras en el Ecuador*.
- Noni, G. D., & Trujillo, G. (1986). *Degradación del Suelo en el Ecuador*. Quito.
- Noni, G. d., & Trujillo, G. (1986). *La Erosión en el Ecuador*. Quito.
- Núñez, J. (2001). *Manejo y conservación del suelo*. San José, Costa Rica.
- OMM. (2006). *El clima y la degradación de las tierras*.
- Ortiz, V. B., & Ortiz, C. A. (1990). Edafología. *Universidad Autónoma Chapingo*.
- Osterkamp, W. R. (2008). *Annotated Definitions of Selected Geomorphic Terms and Related Terms of Hydrology, Sedimentology, Soil Science and Ecology*. Reston, Virginia.
- Padilla, & Asanza. (2002). *Árbol y Arbustos de Quito*. Quito, Ecuador: Herbario Nacional del Ecuador.
- Pantoja, & Cancán. (2015). *Implementación de Técnicas Conservacionistas con especies forestales para la recuperación de cárcavas en la Parroquia Ambuquí, Provincia de Imbabura*. Ibarra, Ecuador: UTN.
- PASOLAC. (1999). *Obras de conservación de suelos y agua en ladera*.

- Patel, V. R., Pramod, S., & Rao, S. K. (2014). *Cambial activity, annual rhythm of xylem production in relation to phenology and climatic factors and lignification pattern during xylogenesis in drum-stick tree (Moringa oleifera)*.
- Paula Navarro, G. (2015). *Acción Contra el Hambre. Acción Contra el Hambre*, [www.accioncontraelhambre.com](http://www.accioncontraelhambre.com).
- Perreño, M. (2007). *Evaluación de la sostenibilidad ecológica de los sistemas de forestaría análoga, agroforestería convencional y un pastizal, tomado como referencia al bosque nativo en la comunidad de el Progreso, Cantón Pedro Vicente Maldonado, Pichincha*. Quito, Ecuador.
- Peterson , G., Unger, P., & Payne, W. (2006). *Dryland Agriculture* (2nd ed.). Madison . Recuperado el 26 de 12 de 2017, de Ciencia del Suelo: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=961876&pid=S1850-2067200900020001200018&lng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=961876&pid=S1850-2067200900020001200018&lng=es)
- Pizarro, R., & Cutiño, H. (2002). *Método de evaluación de la erosión hídrica superficial en suelos desnudos en Chile. In Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*. Madrid, España: Actas de la I Reunión del trabajo de Hidrología Forestal.
- Pretell Chiclote, J., Ocaña Vidal, D., Jon Llap, R., & Barahona Chura, E. (1985). *Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la Sierra Peruana*. Lima: FAO/Holanda/INFOR.
- Riquelme, J., & Carrasco, J. (2003). *Métodos y Prácticas de Conservación de Suelos y Aguas*. Rancagua, Chile: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Recuperado el 16 de Diciembre de 2014
- Roloff, A., Weisgerber, H., Lang, U., & Stimm , B. (2009). *Enzyklopädie der Holzgewächse, Handbuch und Atlas der Dendrologie*. ( ISBN: 978-3-527-32141-4. ed.). Weinheim, Alemania : WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. .
- Ruiz, M., García, C., & Sayer, J. (2007). *Los servicios ambientales de los bosques*.
- Schlegel. (1994). *Otra forma de diversificar*. Chile: Chile forestal.

- Schlegel, B., Gayoso, J., & Guerra. (2000). *Manual de procedimientos muestreo de biomasa forestal*. Obtenido de [http://www.uach.cl/procabono/pdf/manales/guia\\_destructivo.pdf](http://www.uach.cl/procabono/pdf/manales/guia_destructivo.pdf)
- Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES]. (2017). *Plan Nacional del Buen Vivir*. Obtenido de <http://www.buenvivir.gob.ec/>
- Siebert, H., & Bauerle, P. (1995). Aromo australiano (*Acacia melanoxylon*) en plantaciones mixtas. *Ciencias Forestales*.
- Sierra. (1999). *Propuesta Preliminar de un Sistema De Clacificación de Vegetación para el Ecuador Continental*. Quito.
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., & Deneff, K. (2004). A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Tillage research*, 79, 7-31.
- Soil Survey Staff. (1999). *Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. (H. N. 436, Ed.) Washington D. C.: Agriculture Handbook.
- SUDAS. (2006). The erosion and sedimentation process. In *Iowa Statewide Urban Design Standards Manual*.
- Suquilanda , M. B. (31 de 10 de 2008). El deterioro de los suelos en el Ecuador y la producción agrícola. *XI Congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo*, 5. Obtenido de <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/3.-Ing.-Manuel-Suquilanda.-Suelos.pdf>
- Suquilanda V, M. B. (2008). El deterioro de los suelos en el Ecuador y la producción agrícola. *XI Congreso ecuatoriano de la ciencia del suelo*, 5.
- Toffey, W. E. (1998). *We're in the soils business, remember!. Biocycle*.
- USDA. (1992). *Manual de Conservación de Suelos*. Mexico: Limusa.
- USDA. (1999). *Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo*.
- Valencia, G., & Carrillo, I. (1983). *Interpretación de análisis de suelos para café. Avances técnicos*. Colombia.

- Valenzuela Gavilima, L. F. (2014). *Determinación del Crecimiento Inicial de Plantaciones de Casuarina (Casuarina equisetifolia L.) y Acacia negra (Acacia melanoxylon R.BR.) Mediante la Aplicación de Retenedores de Agua, Yahuarcocha, Ibarra, Imbabura. Ibarra, Imbabura, Ecuador.*
- Wilcox, B. (1994). *Runoff and erosion in intercanopy zones of pinyon-puniper woodlands.*
- Yurakuna, I. (2010). *Especies de Plantas de Ica. Ica, Perú.*



## CAPÍTULO VII

### ANEXOS

#### 7.1 Anexo 1

Análisis del estimador estadístico Prueba de “t” de student

Tabla 12

*Sobrevivencia de las tres especies forestales*

Medición	Especia	N	%_S
S_0Dias	Acacia	70	100
S_0Dias	Moringa	51	100
S_0Dias	Espino	52	100
S_90Dias	Acacia	36	25,00
S_90Dias	Moringa	9	83,33
S_180Dias	Acacia	40	16,66
S_180Dias	Moringa	17	68,51
S_270Dias	Acacia	40	16,66
S_270Dias	Moringa	19	64,81
S_270Dias	Espino	14	58,82

Tabla 13

*Sobrevivencia de las tres especies forestales en cada curva a nivel*

Curvas a nivel	Moringa	Total	Acac	Total	Espino	Total
	vivas	plantadas	ia vivas	plantadas	vivas	plantadas
C 1	3	9	6	18	8	8
C 2	5	9	9	21	16	26
C 3	11	15	9	19	9	11
C 4	13	18	6	12	5	7
Suma Total	32	51	30	70	38	52

Número de plantas vivas por cada curva a nivel, estos resultados indica que en la curva a nivel 3 y 4 tiene más sobrevivencia en las tres especies, se debe que hay más presencia de lechos rocosos bajo el manto superficial del suelo, haciendo que exista más retención de humedad.

Tabla 14

*Análisis del Estado fitosanitario de las especies forestales*

<b>Estado Fitosanitario</b>					
Medición	Especie	Media	Tc	Significancia	$t\alpha_{0,05}$
D_90Dias	Acacia	2,53	-5,42	**	2,036
D_90Dias	Espino	3,00			
D_90Dias	Acacia	2,53	-1,08	Ns	1,770
D_90Dias	Moringa	2,65			
D_90Dias	Espino	3,00	4,74	**	2,019
D_90Dias	Moringa	2,65			
D_180Dias	Acacia	2,60	-4,40	**	2,045
D_180Dias	Espino	3,00			
D_180Dias	Acacia	2,60	-1,06	Ns	1,985
D_180Dias	Moringa	2,73			
D_180Dias	Espino	3,00	3,46	*	2,038
D_180Dias	Moringa	2,73			
D_270Dias	Acacia	2,37	-7,08	**	2,045
D_270Dias	Espino	3,00			
D_270Dias	Acacia	2,37	-0,81	Ns	2,000
D_270Dias	Moringa	2,47			
D_270Dias	Espino	3,00	5,93	**	2,040
D_270Dias	Moringa	2,47			

Tabla 15

*Análisis de altura total de las especies forestales*

<b>Altura Total</b>					
Medición	Especie	Media	Tc	Significancia	$t\alpha_{0,05}$
h_0Dias	Acacia	53,55	27,625	**	1,08
h_0Dias	Moringa	13,36			
h_0Dias	Espino	72,95	15,323	**	2,020
h_0Dias	Moringa	13,36			
h_0Dias	Acacia	53,55	-4,92	**	2,017
h_0Dias	Espino	72,95			
h_90Dias	Acacia	70,47	13,070	**	1,785
h_90Dias	Moringa	23,31			
h_180Dias	Acacia	75,80	11,336	**	1,969
h_180Dias	Moringa	30,76			
h_270Dias	Acacia	76,90	11,067	**	2,000
h_270Dias	Moringa	31,56			
h_270Dias	Espino	77,66	9,820	**	1,908
h_270Dias	Moringa	31,56			
h_270Dias	Acacia	76,90	-0,150	Ns	1,908
h_270Dias	Espino	77,66			

Tabla 16

*Datos de altura total y de cada curva a nivel de las tres especies forestales*

<b>Altura Total de Moringa (cm)</b>				
Curvas a nivel	0 Días	90 Días	180 Días	270 Días
C 1	14,72	25,67	33,50	33,00
C 2	10,22	20,83	28,20	30,80
C 3	14,83	20,67	29,91	30,73
C 4	13,03	31,46	26,00	32,23
Promedio Total	13,20	24,66	29,40	31,69

<b>Altura Total de Acacia (cm)</b>				
Curvas a nivel	0 Días	90 Días	180 Días	270 Días
C 1	57,40	72,29	78,83	80,50
C 2	55,26	73,40	77,78	78,44
C 3	47,38	67,56	70,89	71,78
C 4	54,53	68,50	77,17	78,67
Promedio Total	53,64	70,44	76,17	77,35

<b>Altura Total de Espino (cm)</b>				
Curvas a nivel	0 Días			270 Días
C 1	73,00			82,25
C 2	58,38			62,56
C 3	91,67			94,22
C 4	85,80			88,80
Promedio Total	77,21			81,96

Tabla 17  
*Análisis de diámetro basal de las especies forestales*

<b>Diámetro Basal</b>					
Medición	Especie	Media	Tc	significancia	$t\alpha_{0,05}$
D_0Días	Acacia	5,46	11,544	**	1,095
D_0Días	Moringa	2,87			
D_0Días	Espino	11,06	20,374	**	2,011
D_0Días	Moringa	2,87			
D_0Días	Acacia	5,46	-13,899	**	2,011
D_0Días	Espino	11,06			
D_90Días	Acacia	8,23	6,789	**	1,770
D_90Días	Moringa	4,83			
D_180Días	Acacia	8,95	6,476	**	1,969
D_180Días	Moringa	5,51			
D_270Días	Acacia	9,24	7,015	**	2,000
D_270Días	Moringa	5,55			
D_270Días	Espino	14,50	12,339	**	1,954
D_270Días	Moringa	5,55			
D_270Días	Acacia	9,24	-7,571	**	2,003
D_270Días	Espino	14,50			

Tabla 18  
*Análisis de red de clavos erosivos de laderas y testigo a los 0, 120 y 240 días*

<b>Erosión de laderas y testigo</b>					
Medición	Especie	Media	tc	significancia	$t\alpha_{0,05}$
0Días	Acacia	60,13	-0,55	Ns	2,120
0Días	Testigo	69,51			
0Días	Acacia	60,13	-0,78	Ns	2,120
0Días	Espino	70,83			
0Días	Acacia	60,13	-0,76	Ns	2,120
0Días	Moringa	71,24			
0Días	Testigo	69,51	-0,09	Ns	2,120
0Días	Espino	70,83			
0Días	Testigo	69,51	-0,12	Ns	2,120
0Días	Moringa	71,24			
0Días	Espino	70,83	-0,04	Ns	2,120
0Días	Moringa	71,24			

Continuación una sola tabla...

<b>Medición</b>	<b>Especie</b>	<b>Media</b>	<b>tc</b>	<b>significancia</b>	<b>t<math>\alpha_{0,05}</math></b>
120Dias	Acacia	80,07	0,21	ns	2,120
120Dias	Testigo	76,46			
120Dias	Acacia	80,07	0,03	ns	2,120
120Dias	Espino	79,65			
120Dias	Acacia	80,07	-0,33	ns	2,120
120Dias	Moringa	84,65			
120Dias	Testigo	76,46	-0,20	ns	2,120
120Dias	Espino	79,65			
120Dias	Testigo	76,46	-0,51	ns	2,120
120Dias	Moringa	84,65			
120Dias	Espino	79,65	0,44	ns	2,120
120Dias	Moringa	84,65			
Medición	Especie	Media	tc	significancia	t $\alpha_{0,05}$
240Dias	Acacia	86,74	-0,91	ns	2,120
240Dias	Testigo	99,03			
240Dias	Acacia	86,74	1,87	ns	2,120
240Dias	Espino	63,31			
240Dias	Acacia	86,74	0,72	ns	2,120
240Dias	Moringa	77,36			
240Dias	Testigo	99,03	2,57	ns	2,120
240Dias	Espino	63,31			
240Dias	Testigo	99,03	1,51	ns	2,120
240Dias	Moringa	77,36			
240Dias	Espino	63,31	-1,04	ns	2,120
240Dias	Moringa	77,36			

Tabla 19

*Análisis de red de clavos erosivos de laderas con especies forestales interpretado de forma horizontal de los días 0, 120 y 240*

Erosión horizontal de laderas con especies forestales					
Medición	Red	Media	Tc	Significancia	tα <sub>0,05</sub>
0Días	1	64	-2,16	*	2,120
0Días	2	86,41			
0Días	1	64	0,91	Ns	2,120
0Días	3	53,37			
0Días	2	86,41	3,12	*	2,120
0Días	3	53,37			
Medición	Red	Media	Tc	significancia	tα <sub>0,05</sub>
120Días	1	70,50	-3,20	*	2,120
120Días	2	101,98			
120Días	1	70,50	0,21	ns	2,120
120Días	3	68,15			
120Días	2	101,98	3,03	*	2,120
120Días	3	68,15			
Medición	Red	Media	Tc	significancia	tα <sub>0,05</sub>
240 Días	1	74,21	-0,32	*	2,120
240 Días	2	77,81			
240 Días	1	74,21	-1,56	ns	2,120
240 Días	3	92,82			
240 Días	2	77,81	-1,10	*	2,120
240 Días	3	92,82			

Tabla 20

*Biomasa inicial, final y aporte*

<b>Biomasa inicial (g)</b>			
	Moringa	Acacia	Espino
Alta	4	13	62
Media	1	13	31
Baja	6	17	105
<b>Biomasa final (g)</b>			
	Moringa	Acacia	Espino
Alta	18	30	222
Media	16	24	70
Baja	18	20	336
<b>Incremento de Biomasa (g)</b>			
	Moringa	Acacia	Espino
Alta	14	17	160
Media	15	11	39
Baja	12	3	231

Tabla 21

*Registro mensual pluviométrico de los años 2014, 2015, 2016, 2017, de la estación: Ambuquí (M0314)*

<b>Meses</b>	<b>Registro Mensual Pluviométrico</b>	<b>Estación: Ambuquí</b>			
	<b>(M0314)</b>	2014	2015	2016	2017
Enero	18,1	45,8	19,5	106,6	
Febrero	26,2	29,4	0	19,0	
Marzo	41,9	29,3	21,3	147,1	
Abril	31,5	29,2	73,3	39,7	
Mayo	113,6	17,1	23	68,2	
Junio	82,3	25,4	20	51,8	
Julio	4,0	24,1	6,5	7,0	
Agosto	9,0	0,0	9,0	46,3	
Septiembre	9,0	4,0	29,9	9,0	
Octubre	19,5	35,0	43,4	64,8	
Noviembre	26,5	59,0	43,8	18,9	
Diciembre	36,0	3,50	46,3		
Suma Total	417,6	301,8	336	578,4	



## 7.2 Anexo 2

### Resultados del análisis de propiedades físico-químicas de las muestras de suelos

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 2</b>
	<b>Hoja 1 de 2</b>	

Informe N°: LN-SFA-E17-2339  
 Fecha emisión Informe: 02/01/2018

#### DATOS DEL CLIENTE

**Persona o Empresa solicitante:** Daniel Limaico / Agrocalidad Imbabura  
**Dirección:** San Antonio  
**Provincia:** Imbabura **Cantón:** Ibarra  
**Teléfono:** 062932452  
**Correo Electrónico:** merylimaico@yahoo.com  
**N° Orden de Trabajo:** 10-2017-0033  
**N° Factura/Documento:** 3071

#### DATOS DE LA MUESTRA:


**Tipo de muestra:** Suelo **Conservación de la muestra:** Lugar fresco y seco  
**Cultivo:** ----  
**Provincia:** Imbabura **X:** 829000  
**Cantón:** Ibarra **Coordenadas:** **Y:** 10051112  
**Parroquia:** Ambuquí **Altitud:** ----  
**Muestreado por:** Daniel Limaico  
**Fecha de muestreo:** 13-12-2017 **Fecha de inicio de análisis:** 21-12-2017  
**Fecha de recepción de la muestra:** 21-12-2017 **Fecha de finalización de análisis:** 02-01-2018

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-2715	L15	pH	Potenciométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	9,40
		Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,46
		Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,02
		Fósforo	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	10,0
		Potasio	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	2,12

**Analizado por:** Daniel Bedoya, Luis Cacuango, Lucía Quishpe

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 2</b>
		<b>Hoja 1 de 2</b>

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E17-2341  
 Fecha emisión Informe: 02/01/2018

#### DATOS DEL CLIENTE

**Persona o Empresa solicitante:** Daniel Limaico / Agrocalidad Imbabura  
**Dirección:** San Antonio  
**Provincia:** Imbabura **Cantón:** Ibarra  
**Teléfono:** 062932452  
**Correo Electrónico:** merylimaico@yahoo.com  
**N° Orden de Trabajo:** 10-2017-0033  
**N° Factura/Documento:** 3071

#### DATOS DE LA MUESTRA:


**Tipo de muestra:** Suelo **Conservación de la muestra:** Lugar fresco y seco  
**Cultivo:** ----  
**Provincia:** Imbabura **Coordenadas:** X: 829007  
**Cantón:** Ibarra Y: 10051109  
**Parroquia:** Ambuquí **Altitud:** ----  
**Muestreado por:** Daniel Limaico  
**Fecha de muestreo:** 13-12-2017 **Fecha de inicio de análisis:** 21-12-2017  
**Fecha de recepción de la muestra:** 21-12-2017 **Fecha de finalización de análisis:** 02-01-2018

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-2717	L1M	pH	Potenciométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	8,43
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,32
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,02
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	18,6
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,26

**Analizado por:** Daniel Bedoya, Luis Cacuango, Lucía Quishpe

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 2</b>
		<b>Hoja 1 de 2</b>

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E17-2337  
 Fecha emisión Informe: 02/01/2018

#### DATOS DEL CLIENTE

**Persona o Empresa solicitante:** Daniel Limaico / Agrocalidad Imbabura  
**Dirección:** San Antonio **Teléfono:** 062932452  
**Provincia:** Imbabura **Cantón:** Ibarra **Correo Electrónico:** merylimaico@yahoo.com  
**N° Orden de Trabajo:** 10-2017-0033  
**N° Factura/Documento:** 3071

#### DATOS DE LA MUESTRA:

<b>Tipo de muestra:</b> Suelo	<b>Conservación de la muestra:</b> Lugar fresco y seco
<b>Cultivo:</b> ----	
<b>Provincia:</b> Imbabura	<b>Coordenadas:</b> X: 829092
<b>Cantón:</b> Ibarra	Y: 10051108
<b>Parroquia:</b> Ambuquí	<b>Altitud:</b> ----
<b>Muestreado por:</b> Daniel Limaico	
<b>Fecha de muestreo:</b> 13-12-2017	<b>Fecha de inicio de análisis:</b> 21-12-2017
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b> 21-12-2017	<b>Fecha de finalización de análisis:</b> 02-01-2018

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-2713	L1B	pH	Potenciométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	8,56
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,36
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,02
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	14,6
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,75

**Analizado por:** Daniel Bedoya, Luis Cacuango, Lucía Quishpe



**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



**AGROCALIDAD**  
AGENCIA ECUATORIANA  
DE ASEGURAMIENTO  
DE LA CALIDAD DEL AGRO

**LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS**  
Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP,  
Tumbaco - Quito  
Teléf.: 02-2372-844/2372-845

**PGT/SFA/09-FO01**

**Rev. 2**

**INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO**

**Hoja 1 de 2**

Informe N°: LN-SFA-E17-2340  
Fecha emisión Informe: 02/01/2018

**DATOS DEL CLIENTE**

**Persona o Empresa solicitante:** Daniel Limaico / Agrocalidad Imbabura

**Dirección:** San Antonio

**Teléfono:** 062932452

**Correo Electrónico:** merylimaico@yahoo.com

**Provincia:** Imbabura

**Cantón:** Ibarra

**N° Orden de Trabajo:** 10-2017-0033

**N° Factura/Documento:** 3071

**DATOS DE LA MUESTRA:**

**Tipo de muestra:** Suelo

**Conservación de la muestra:** Lugar fresco y seco

**Cultivo:** ----

**Provincia:** Imbabura

**Cantón:** Ibarra

**X:** 829015

**Y:** 10051152

**Parroquia:** Ambuquí

**Altitud:** ----

**Muestreado por:** Daniel Limaico

**Fecha de muestreo:** 13-12-2017

**Fecha de inicio de análisis:** 21-12-2017

**Fecha de recepción de la muestra:** 21-12-2017


**Fecha de finalización de análisis:** 02-01-2018

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-2716	L2S	pH	Potenciométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	9,57
		Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,27
		Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,06
		Fósforo	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	22,3
		Potasio	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,53

**Analizado por:** Daniel Bedoya, Luis Cacuango, Lucía Quishpe

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
		<b>Rev. 2</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Hoja 1 de 2</b>

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E17-2338  
 Fecha emisión Informe: 02/01/2018

#### DATOS DEL CLIENTE

**Persona o Empresa solicitante:** Daniel Limaico / Agrocalidad Imbabura

**Dirección:** San Antonio

**Teléfono:** 062932452

**Correo Electrónico:** merylimaico@yahoo.com

**Provincia:** Imbabura

**Cantón:** Ibarra

**N° Orden de Trabajo:** 10-2017-0033

**N° Factura/Documento:** 3071

#### DATOS DE LA MUESTRA:

<b>Tipo de muestra:</b> Suelo		<b>Conservación de la muestra:</b> Lugar fresco y seco	
<b>Cultivo:</b> ----			
<b>Provincia:</b> Imbabura		<b>X:</b> 829026	
<b>Cantón:</b> Ibarra		<b>Coordenadas:</b> <b>Y:</b> 10051141	
<b>Parroquia:</b> Ambuquí		<b>Altitud:</b> ----	
<b>Muestreado por:</b> Daniel Limaico			
<b>Fecha de muestreo:</b> 13-12-2017		<b>Fecha de inicio de análisis:</b> 21-12-2017	
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b> 21-12-2017		<b>Fecha de finalización de análisis:</b> 02-01-2018	

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-2714	L2M	pH	Potenciométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	8,12
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,34
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,02
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	38,0
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,82

**Analizado por:** Daniel Bedoya, Luis Cacuango, Lucía Quishpe

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
		<b>Rev. 2</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Hoja 1 de 2</b>

Informe N°: LN-SFA-E17-2345  
 Fecha emisión Informe: 02/01/2018

#### DATOS DEL CLIENTE

**Persona o Empresa solicitante:** Daniel Limaico / Agrocalidad Imbabura

**Dirección:** San Antonio

**Teléfono:** 062932452

**Correo Electrónico:** merylimaico@yahoo.com

**Provincia:** Imbabura

**Cantón:** Ibarra

**N° Orden de Trabajo:** 10-2017-0033

**N° Factura/Documento:** 3071

#### DATOS DE LA MUESTRA:

DATOS DE LA MUESTRA:		
Tipo de muestra: Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
Cultivo: ----		
Provincia: Imbabura		Coordenadas:
Cantón: Ibarra		
Parroquia: Ambuquí		
Muestreado por: Daniel Limaico		X: 829032
Fecha de muestreo: 13-12-2017		Y: 10051133
Fecha de recepción de la muestra: 21-12-2017		Altitud: ----
Fecha de inicio de análisis: 21-12-2017		Fecha de finalización de análisis: 02-01-2018

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-2721	L2B	pH	Potenciométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	9,03
		Materia Orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,88
		Nitrógeno	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,04
		Fósforo	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	26,6
		Potasio	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,27

**Analizado por:** Daniel Bedoya, Luis Cacuango, Lucía Quishpe

02 ENE 2018

*[Firma manuscrita]*

**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
		<b>Rev. 2</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Hoja 1 de 2</b>

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E17-2343  
 Fecha emisión Informe: 02/01/2018

#### DATOS DEL CLIENTE

**Persona o Empresa solicitante:** Daniel Limaico / Agrocalidad Imbabura

**Dirección:** San Antonio

**Teléfono:** 062932452

**Correo Electrónico:** merylimaico@yahoo.com

**Provincia:** Imbabura

**Cantón:** Ibarra

**N° Orden de Trabajo:** 10-2017-0033

**N° Factura/Documento:** 3071

#### DATOS DE LA MUESTRA:

DATOS DE LA MUESTRA:		
Tipo de muestra: Suelo		Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
Cultivo: ----		
Provincia: Imbabura	Coordenadas:	X: 829021
Cantón: Ibarra		Y: 10051186
Parroquia: Ambuquí		Altitud: ----
Muestreado por: Daniel Limaico		
Fecha de muestreo: 13-12-2017		Fecha de inicio de análisis: 21-12-2017
Fecha de recepción de la muestra: 21-12-2017		Fecha de finalización de análisis: 02-01-2018

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-2719	L3S	pH	Potenciométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	8,60
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,87
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,04
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	22,8
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,84

**Analizado por:** Daniel Bedoya, Luis Cacuango, Lucía Quishpe

02 ENE 2018  


**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 2</b>
		<b>Hoja 1 de 2</b>

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E17-2342  
 Fecha emisión Informe: 02/01/2018

#### DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Daniel Limaico / Agrocalidad Imbabura

Dirección: San Antonio

Teléfono: 062932452

Correo Electrónico: merylimaico@yahoo.com

Provincia: Imbabura

Cantón: Ibarra

N° Orden de Trabajo: 10-2017-0033

N° Factura/Documento: 3071

#### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco	
Cultivo: ----		
Provincia: Imbabura		X: 829047
Cantón: Ibarra	Coordenadas:	Y: 10051172
Parroquia: Ambuquí		Altitud: ----
Muestreado por: Daniel Limaico		
Fecha de muestreo: 13-12-2017	Fecha de inicio de análisis: 21-12-2017	
Fecha de recepción de la muestra: 21-12-2017	Fecha de finalización de análisis: 02-01-2018	

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-2718	L3M	pH	Potenciométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	8,54
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,14
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,06
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	12,1
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,12

Analizado por: Daniel Bedoya, Luis Cacuango, Lucía Quishpe



**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.



 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 2</b>
		<b>Hoja 1 de 2</b>

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E17-2344  
 Fecha emisión Informe: 02/01/2018

#### DATOS DEL CLIENTE

**Persona o Empresa solicitante:** Daniel Limaico / Agrocalidad Imbabura  
**Dirección:** San Antonio **Teléfono:** 062932452  
**Provincia:** Imbabura **Cantón:** Ibarra **Correo Electrónico:** merylimaico@yahoo.com  
**N° Orden de Trabajo:** 10-2017-0033  
**N° Factura/Documento:** 3071

#### DATOS DE LA MUESTRA:

<b>Tipo de muestra:</b> Suelo		<b>Conservación de la muestra:</b> Lugar fresco y seco	
<b>Cultivo:</b> ----			
<b>Provincia:</b> Imbabura		<b>Coordenadas:</b>	<b>X:</b> 829048
<b>Cantón:</b> Ibarra			<b>Y:</b> 10051148
<b>Parroquia:</b> Ambuquí			<b>Altitud:</b> ----
<b>Muestreado por:</b> Daniel Limaico			
<b>Fecha de muestreo:</b> 13-12-2017		<b>Fecha de inicio de análisis:</b> 21-12-2017	
<b>Fecha de recepción de la muestra:</b> 21-12-2017		<b>Fecha de finalización de análisis:</b> 02-01-2018	

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-2720	L3B	pH	Potenciométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	8,62
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,56
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,08
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	20,0
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,10

**Analizado por:** Daniel Bedoya, Luis Cacuango, Lucía Quishpe



**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 2</b>
		<b>Hoja 1 de 2</b>

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E17-2346  
 Fecha emisión Informe: 02/01/2018

#### DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante: Daniel Limaico / Agrocalidad Imbabura

Dirección: San Antonio

Teléfono: 062932452

Correo Electrónico: merylimaico@yahoo.com

Provincia: Imbabura

Cantón: Ibarra

N° Orden de Trabajo: 10-2017-0033

N° Factura/Documento: 3071

#### DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra: Suelo	Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco
Cultivo: ----	
Provincia: Imbabura	X: 829020
Cantón: Ibarra	Y: 10051148
Parroquia: Ambuquí	Altitud: ----
Muestreado por: Daniel Limaico	
Fecha de muestreo: 13-12-2017	Fecha de inicio de análisis: 21-12-2017
Fecha de recepción de la muestra: 21-12-2017	Fecha de finalización de análisis: 02-01-2018

#### RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-17-2722	Testigo	pH	Potenciométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	8,73
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	1,44
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,07
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	16,0
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	0,74

Analizado por: Daniel Bedoya, Luis Cacuango, Lucía Quishpe

02 ENE 2018  


**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

 <b>AGROCALIDAD</b> AGENCIA ECUATORIANA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGRO	<b>LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS</b> Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 02-2372-844/2372-845	<b>PGT/SFA/09-FO01</b>
	<b>INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO</b>	<b>Rev. 2</b>  <b>Hoja 2 de 2</b>

**Observaciones:**

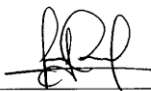
- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.
- Las interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN SIERRA**

PARÁMETRO	MO (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (cmol/kg)
BAJO	<1,0	0-0,15	0-10,0	<0,2
MEDIO	1,0-2,0	0,16-0,3	11,0-20,0	0,2-0,38
ALTO	>2,0	>0,31	>21,0	>0,4

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS - REGIÓN COSTA Y SIERRA**

	Ácido	Ligeramente Ácido	Prácticamente Neutro	Ligeramente Alcalino	Alcalino
pH	5,5	5,6 – 6,4	6,5 – 7,5	7,6 – 8,0	8,1

  
**Q. A. Luis Cacuango**  
 Responsable de Laboratorio  
 Suelos, Foliare y Aguas



**Nota:** El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha.  
 Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

### 7.3 Anexo 3

Figuras del proceso de todo el proyecto



*Figura 19: Reconocimiento del área de estudio*



*Figura 20: Trazado, marcado y hoyado*





*Figura 21: Colocación de aserrín, hidrogel, tierra del lugar y aserrín*



*Figura 22: Colocación de estacas referenciales*





*Figura 23: Toma de mediciones de las especies forestales y de los clavos erosivos*



*Figura 24: Riego a las especies forestales*



*Figura 25: Floración y fructificación de la especie Moringa oleifera*



*Figura 26: Proceso para el análisis de aporte de biomasa*





*Figura 27: Recolección de muestras de suelo para sus análisis*



*Figura 28: Equipo de trabajo para le realización de la investigación*